

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-107594
(P2014-107594A)

(43) 公開日 平成26年6月9日(2014.6.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4N 5/369 (2011.01)	HO4N 5/335 690	2F112
GO2B 3/00 (2006.01)	GO2B 3/00 A	2H059
GO3B 35/08 (2006.01)	GO3B 35/08	4M118
GO3B 15/00 (2006.01)	GO3B 15/00 B	5C024
HO4N 13/02 (2006.01)	HO4N 13/02	5C061

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-256839 (P2012-256839)
(22) 出願日 平成24年11月22日 (2012.11.22)

(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(74) 代理人 110000877
龍華国際特許業務法人
(72) 発明者 石賀 健一
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
株式会社ニコン内
Fターム(参考) 2F112 AC06 BA06 CA12 DA05 DA13
DA28 DA32
2H059 AA08
4M118 AB01 AB03 BA10 BA14 CA02
FA06 GA02 GB03 GB07 GC08
GD03 GD04

最終頁に続く

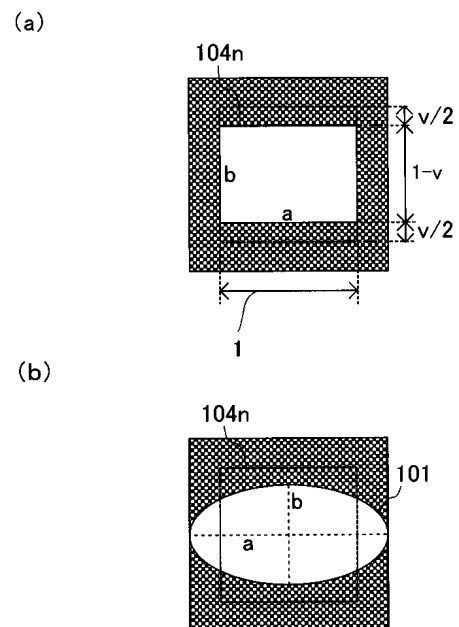
(54) 【発明の名称】 撮像素子および撮像装置

(57) 【要約】

【課題】左右の視差画像のそれぞれにおいては、水平方向と垂直方向でボケが非対称になる。その結果、自然なボケが得られないという問題がある。

【解決手段】撮像素子は、1つの光学系の入射光束に対して、基準方向の視点を生み出す開口マスクを備えた視差なし画素と、左方向の視点を生み出す開口マスクを備えた左視差画素と、右方向の視点を生み出す開口マスクを備えた右視差画素の少なくとも3種類の画素を持つ画素配列からなり、視差なし画素の開口マスクの垂直開口幅が水平開口幅より狭い。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1つの光学系の入射光束に対して、基準方向の視点を生み出す開口マスクを備えた視差なし画素と、左方向の視点を生み出す開口マスクを備えた左視差画素と、右方向の視点を生み出す開口マスクを備えた右視差画素の少なくとも3種類の画素を持つ画素配列からなる撮像素子であって、

前記視差なし画素の開口マスクの垂直開口幅が水平開口幅より狭い撮像素子。

【請求項 2】

前記左視差画素と前記右視差画素がそれぞれ互いに重ならない領域の半開口のマスクを備え、前記視差なし画素が前記半開口の領域を互いに重ね合わせた領域の全開口マスクを備え、

前記視差なし画素と前記左視差画素と前記右視差画素との間の密度比が $(1 - \frac{a}{b}) : \frac{a}{b}$ で表される時、

前記視差なし画素の水平開口幅 a と垂直開口幅 b の間の開口比を

$$a : b = 1 : (1 - (\frac{a}{b})), 0 < \frac{a}{b} < 1$$

に設定する請求項 1 に記載の撮像素子。

【請求項 3】

前記視差なし画素の水平と垂直の間の開口比を、前記視差画素と視差なし画素との間の密度比の他に、前記視差画素の開口マスクの形状にも応じて設定する請求項 1 に記載の撮像素子。

【請求項 4】

前記左視差画素と前記右視差画素がそれぞれ互いに重ならない半開口の領域と一部で重なる領域の開口マスク（垂直開口幅：水平開口幅 = $1 : (1/2) + u$ ）を備え、

前記視差なし画素と前記左視差画素と前記右視差画素との間の密度比が $(1 - \frac{a}{b}) : \frac{a}{b}$ で表される時、

前記視差なし画素の水平開口幅 a と垂直開口幅 b の間の開口比を

$$a : b = 1 : 1 - \frac{a}{b} \times ((1/2) - u), 0 < \frac{a}{b} < 1, |u| < 1/2$$

に設定する請求項 3 に記載の撮像素子。

【請求項 5】

1つの光学系の入射光束に対して、基準方向の視点を生み出すマイクロレンズと開口マスクを備えた視差なし画素と、左方向の視点を生み出すマイクロレンズと開口マスクを備えた左視差画素と、右方向の視点を生み出すマイクロレンズと開口マスクを備えた右視差画素の少なくとも3種類の画素を持つ画素配列からなる撮像素子であって、

前記視差なし画素のマイクロレンズの集光特性を垂直方向が水平方向より少なくなるように非等方な形に変形する撮像素子。

【請求項 6】

前記左視差画素と前記右視差画素がそれぞれ互いに重ならない領域の半開口のマスクを備え、前記視差なし画素が前記半開口の領域を互いに重ね合わせた領域の全開口マスクを備え、

前記視差なし画素と前記左視差画素と前記右視差画素との間の密度比が $(1 - \frac{a}{b}) : \frac{a}{b}$ で表される時、

前記視差なし画素のマイクロレンズの水平方向の入射光量 a と垂直方向の入射光量 b の間の比を

$$a : b = 1 : (1 - (\frac{a}{b})), 0 < \frac{a}{b} < 1$$

に設定する請求項 5 に記載の撮像素子。

【請求項 7】

前記視差なし画素のマイクロレンズの水平と垂直の間の偏平率を、前記視差画素と視差なし画素との間の密度比の他に、前記視差画素の開口マスクの形状にも応じて設定する請求項 5 に記載の撮像素子。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記左視差画素と前記右視差画素がそれぞれ互いに重ならない半開口の領域と一部で重なる領域の開口マスク（垂直開口幅：水平開口幅 = 1 : (1 / 2) + u）を備え、

前記視差なし画素と前記左視差画素と前記右視差画素との間の密度比が (1 -) : / 2 : / 2 で表される時、

前記視差なし画素のマイクロレンズの水平方向の入射光量 a と垂直方向の入射光量 b の間の比を

$$a : b = 1 : 1 - \times ((1 / 2) - u) , 0 < < 1 , | u | < 1 / 2$$

に設定する請求項 7 に記載の撮像素子。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の撮像素子と、
光路途中に円形の絞りを備える 1 つの光学系と
を備える撮像装置。

10

【請求項 10】

被写体光束を受光する第 1 受光領域が、画素中心に対して第 1 軸方向に偏位した位置に設定された偏位画素と、

前記被写体光束を受光する第 2 受光領域が、前記画素中心に対して偏位していない位置に設定された非偏位画素とを備え、

前記第 1 受光領域における前記第 1 軸方向の第 1 領域幅は、前記第 1 軸方向に直交する第 2 軸方向の第 2 領域幅よりも短く、前記第 2 受光領域における前記第 1 軸方向の第 1 領域幅は、前記第 2 軸方向の第 2 領域幅より長い
撮像素子。

20

【請求項 11】

前記偏位画素と前記非偏位画素の密度比が : 1 - (ただし、0 < < 1) で表される場合に、

$$a : b = 1 : (1 - (/ 2)) (a : 第 2 受光領域の第 1 領域幅、 b : 第 2 受光領域の第 2 領域幅)$$

の関係を満たす請求項 10 に記載の撮像素子。

【請求項 12】

前記偏位画素と前記非偏位画素の密度比が : 1 - (ただし、0 < < 1) で表され、かつ、前記第 1 受光領域における前記第 2 領域幅と前記第 1 領域幅の比が 1 : (1 / 2) + u (ただし、| u | < 1 / 2) で表される場合に、

30

$$a : b = 1 : (1 - \times ((1 / 2) - u)) (a : 第 2 受光領域の第 1 領域幅、 b : 第 2 受光領域の第 2 領域幅)$$

の関係を満たす請求項 10 に記載の撮像素子。

【請求項 13】

前記偏位画素および前記非偏位画素は、開口部の形状が互いに異なる開口マスクを有し、当該開口マスクにより前記第 1 受光領域および前記第 2 受光領域が設定される請求項 10 から 12 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

【請求項 14】

第 1 マイクロレンズにより集光された被写体光束を受光する第 1 受光領域が、画素中心に対して第 1 軸方向に偏位した位置に設定された偏位画素と、

40

第 2 マイクロレンズにより集光された被写体光束を受光する第 2 受光領域が、前記画素中心に対して偏位していない位置に設定された非偏位画素とを備え、

前記第 1 受光領域における前記第 1 軸方向の第 1 領域幅は、前記第 1 軸方向に直交する第 2 軸方向の第 2 領域幅よりも短く、前記第 2 マイクロレンズの前記第 1 軸方向に対応する方向の入射光量は、前記第 1 軸方向に直交する第 2 軸方向に対応する方向の入射光量より多い
撮像素子。

【請求項 15】

前記偏位画素と前記非偏位画素の密度比が : 1 - (ただし、0 < < 1) で表され

50

る場合に、

a : b = 1 : (1 - (/ 2)) (a : 第 2 マイクロレンズの第 1 軸方向の入射光量、
b : 第 2 マイクロレンズの第 2 軸方向の入射光量)

を満たす請求項 1 4 に記載の撮像素子。

【請求項 1 6】

前記偏位画素と前記非偏位画素の密度比が : 1 - (ただし、 $0 < < 1$) で表され、かつ、前記第 1 受光領域における前記第 2 領域幅と前記第 1 領域幅の比が $1 : (1 / 2) + u$ (ただし、 $| u | < 1 / 2$) で表される場合に、

a : b = 1 : (1 - x ((1 / 2) - u)) (a : 第 2 マイクロレンズの第 1 軸方向の入射光量、 b : 第 2 マイクロレンズの第 2 軸方向の入射光量)

10

を満たす請求項 1 4 に記載の撮像素子。

【請求項 1 7】

請求項 1 0 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の撮像素子と、

前記撮像素子に導く被写体光束を調整する円形絞りを有する 1 つの光学系と

を備える撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、撮像素子および撮像装置に関する。

【背景技術】

20

【0 0 0 2】

単一の撮影光学系を用いて、互いに視差を有する左右の視差画像を一度の撮影で生成する撮像装置が知られている。当該撮像装置においては、撮像素子に配列された全ての画素の右半分または左半分は遮光部材により遮光されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[特許文献 1] 特開 2 0 0 3 - 7 9 9 4 号公報

[特許文献 2] 特開 2 0 1 1 - 1 9 7 2 7 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0 0 0 3】

撮像素子は、遮光部材により遮光されている画素（視差画素）に加えて、遮光部材により遮光されていない画素（視差なし画素）を含む場合がある。左右に視差を生じさせる場合には、視差画素においては、遮光部材により制限された入射光束を受光する受光領域の水平方向の幅は、垂直方向の幅より短い場合が多い。一方、視差なし画素においては、遮光部材により制限されていない入射光束を受光する受光領域の水平方向の幅は、垂直方向の幅と同一である場合が多い。このように視差画素と視差なし画素とで受光領域の形状が異なる場合には、左右の視差画像と視差なし画像とでボケの出かたが異なるという問題がある。

【課題を解決するための手段】

40

【0 0 0 4】

本発明の第 1 の態様における撮像素子は、1 つの光学系の入射光束に対して、基準方向の視点を生み出す開口マスクを備えた視差なし画素と、左方向の視点を生み出す開口マスクを備えた左視差画素と、右方向の視点を生み出す開口マスクを備えた右視差画素の少なくとも 3 種類の画素を持つ画素配列からなる撮像素子であって、視差なし画素の開口マスクの垂直開口幅が水平開口幅より狭い。

【0 0 0 5】

本発明の第 2 の態様における撮像素子は、1 つの光学系の入射光束に対して、基準方向の視点を生み出すマイクロレンズと開口マスクを備えた視差なし画素と、左方向の視点を生み出すマイクロレンズと開口マスクを備えた左視差画素と、右方向の視点を生み出すマ

50

マイクロレンズと開口マスクを備えた右視差画素の少なくとも3種類の画素を持つ画素配列からなる撮像素子であって、視差なし画素のマイクロレンズの集光特性を垂直方向が水平方向より少なくなるように非等方な形に変形する。

【0006】

本発明の第3の態様における撮像装置は、上記の撮像素子と、光路途中に円形の絞りを備える1つの光学系とを備える。

【0007】

本発明の第4の態様における撮像素子は、被写体光束を受光する第1受光領域が、画素中心に対して第1軸方向に偏位した位置に設定された偏位画素と、被写体光束を受光する第2受光領域が、画素中心に対して偏位していない位置に設定された非偏位画素とを備え、第1受光領域における第1軸方向の第1領域幅は、第1軸方向に直交する第2軸方向の第2領域幅よりも短く、第2受光領域における第1軸方向の第1領域幅は、第2軸方向の第2領域幅より長い。

【0008】

本発明の第5の態様における撮像素子は、第1マイクロレンズにより集光された被写体光束を受光する第1受光領域が、画素中心に対して第1軸方向に偏位した位置に設定された偏位画素と、第2マイクロレンズにより集光された被写体光束を受光する第2受光領域が、画素中心に対して偏位していない位置に設定された非偏位画素とを備え、第1受光領域における第1軸方向の第1領域幅は、第1軸方向に直交する第2軸方向の第2領域幅よりも短く、第2マイクロレンズの第1軸方向に対応する方向の入射光量は、第1軸方向に直交する第2軸方向に対応する方向の入射光量より多い。

【0009】

本発明の第6の態様における撮像装置は、上記の撮像素子と、撮像素子に導く被写体光束を調整する円形絞りを有する1つの光学系とを備える。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施形態に係るデジタルカメラの構成を説明する図である。

【図2】視差なし画素におけるデフォーカスの概念を説明する図である。

【図3】視差画素におけるデフォーカスの概念を説明する図である。

【図4】視差なし画素と視差画素の光強度分布を示す図である。

【図5】視差画素の種類が2つである場合における開口部の開口形状を説明する図である。

【図6】ボケの非対称性を説明するための図である。

【図7】視差画像および視差なし画像と、被写界深度との関係を示す図である。

【図8】視差なし画素の構成を説明する図である。

【図9】撮像素子100の構成を説明するための図である。

【図10】撮像素子100の構成を説明するための図である。

【図11】画素配列の比較例を示す図である。

【図12】画素配列の一例を示す図である。

【図13】画素配列のバリエーションを示す図である。

【図14】画素配列のバリエーションを示す図である。

【図15】開口マスクのバリエーションを説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0012】

撮像装置の一形態である本実施形態に係るデジタルカメラは、1つのシーンについて複数の視点数の画像を一度の撮影により生成できるように構成されている。互いに視点の異

10

20

30

40

50

なるそれぞれの画像を視差画像と呼ぶ。本実施形態においては、特に、右目と左目に対応する2つの視点による右視差画像と左視差画像を生成する場合について説明する。本実施形態におけるデジタルカメラは、基準方向の視点として中央視点による視差のない視差なし画像も、視差画像と共に生成できる。

【0013】

図1は、本発明の実施形態に係るデジタルカメラ10の構成を説明する図である。デジタルカメラ10は、撮影光学系としての撮影レンズ20を備え、光軸21に沿って入射する被写体光束を撮像素子100へ導く。撮影レンズ20は、デジタルカメラ10に対して着脱できる交換式レンズであっても構わない。デジタルカメラ10は、撮像素子100、制御部201、A/D変換回路202、メモリ203、駆動部204、画像処理部205、メモリカードIF207、操作部208、表示部209およびLCD駆動回路210を備える。

10

【0014】

なお、図示するように、撮像素子100へ向かう光軸21に平行な方向をZ軸プラス方向と定め、Z軸と直交する平面において紙面手前へ向かう方向をX軸プラス方向、紙面上方向をY軸プラス方向と定める。以降のいくつかの図においては、図1の座標軸を基準として、それぞれの図の向きがわかるように座標軸を表示する。

【0015】

撮影レンズ20は、複数の光学レンズ群から構成され、シーンからの被写体光束をその焦点面近傍に結像させる。なお、図1では撮影レンズ20を説明の都合上、瞳近傍に配置された仮想的な1枚のレンズで代表して表している。絞り22は円形絞りであり、光軸21に沿って瞳近傍に配置されている。

20

【0016】

撮像素子100は、撮影レンズ20の焦点面近傍に配置されている。撮像素子100は、二次元的に複数の光電変換素子が配列された、例えばCCD、CMOSセンサ等のイメージセンサである。撮像素子100は、駆動部204によりタイミング制御されて、受光面上に結像された被写体像を画像信号に変換してA/D変換回路202へ出力する。また、撮像素子100は、視差画素と視差なし画素を含む。視差画素は、被写体光束を受光する受光領域が画素中心に対してX軸方向に偏位した位置に設定される画素である。受光領域が偏位している点に着目すると、視差画素を偏位画素ということもできる。一方、視差なし画素は、受光領域が画素中心に対して偏位していない位置に設定される画素である。受光領域が偏位していない点に着目すると、視差なし画素を非偏位画素ということもできる。なお、左視点の視差画素を視差Lt画素、右視点の視差画素を視差Rt画素、視差なし画素をN画素と記す場合もある。また、左視点の視差画像を視差Lt画像、右視点の視差画像を視差Rt画像、視差なし画像をN画像と記す場合もある。

30

【0017】

A/D変換回路202は、撮像素子100が出力する画像信号をデジタル画像信号に変換してメモリ203へ出力する。画像処理部205は、メモリ203をワークスペースとして種々の画像処理を施し、画像データを生成する。

【0018】

画像処理部205は、他にも選択された画像フォーマットにしたがって画像データを調整するなどの画像処理一般の機能も担う。生成された画像データは、LCD駆動回路210により表示信号に変換され、表示部209に表示される。また、メモリカードIF207に装着されているメモリカード220に記録される。

40

【0019】

制御部201は、デジタルカメラ10を統合的に制御する。例えば、設定された絞り値に応じて絞り22の開口を調整し、AF評価値に応じて撮影レンズ20を光軸方向に進退させる。また、撮影レンズ20の位置を検出して、撮影レンズ20の焦点距離、フォーカスレンズ位置を把握する。さらに、駆動部204に対してタイミング制御信号を送信し、撮像素子100から出力される画像信号が画像処理部205で画像データに処理されるま

50

での一連の撮像制御を管理する。

【0020】

操作部208は、ユーザの操作を受け付けて制御部201へ指示を伝達する受付部の一部として機能する。操作部208は、撮影開始指示を受け付けるシャッターボタン等、複数の操作部材を含む。

【0021】

<視差画素とボケ特性>

次に、視差Lt画素および視差Rt画素が受光する場合のデフォーカスの概念を説明する。まず、視差なし画素におけるデフォーカスの概念について簡単に説明する図である。図2は、視差なし画素におけるデフォーカスの概念を説明する図である。図2(a)で示すように、被写体である物点が焦点位置に存在する場合、レンズ瞳を通過して撮像素子受光面に到達する被写体光束は、対応する像点の画素を中心として急峻な光強度分布を示す。すなわち、レンズ瞳を通過する有効光束の全体を受光する視差なし画素が像点近傍に配列されていれば、像点に対応する画素の出力値が最も大きく、周辺に配列された画素の出力値は急激に低下する。

10

【0022】

一方、図2(b)に示すように、撮像素子受光面から遠ざかる方向に、物点が焦点位置からずれると、被写体光束は、物点が焦点位置に存在する場合に比べて、撮像素子受光面においてなだらかな光強度分布を示す。すなわち、対応する像点の画素における出力値が低下する上に、より周辺画素まで出力値を有する分布を示す。

20

【0023】

図2(c)に示すように、さらに物点が焦点位置からずれると、被写体光束は、撮像素子受光面においてよりなだらかな光強度分布を示す。すなわち、対応する像点の画素における出力値がさらに低下する上に、より周辺画素まで出力値を有する分布を示す。

【0024】

図2(d)に示すように、撮像素子受光面に近づく方向に、物点が焦点位置からずれた場合にも、撮像素子受光面から遠ざかる方向に物点がずれた場合と同じような光強度分布を示す。

【0025】

図3は、視差画素におけるデフォーカスの概念を説明する図である。視差Lt画素および視差Rt画素は、レンズ瞳の部分領域としてそれぞれ光軸対象に設定された2つの視差仮想瞳のいずれかから到達する被写体光束を受光する。本明細書において、単一のレンズ瞳における互いに異なる仮想瞳から到達する被写体光束を受光することによって視差画像を撮像する方式を単眼瞳分割撮像方式という。

30

【0026】

図3(a)で示すように、被写体である物点が焦点位置に存在する場合、いずれの視差仮想瞳を通った被写体光束であっても、対応する像点の画素を中心として急峻な光強度分布を示す。像点付近に視差Lt画素が配列されていれば、像点に対応する画素の出力値が最も大きく、周辺に配列された画素の出力値が急激に低下する。また、像点付近に視差Rt画素が配列されていても、像点に対応する画素の出力値が最も大きく、周辺に配列された画素の出力値が急激に低下する。すなわち、被写体光束がいずれの視差仮想瞳を通過しても、像点に対応する画素の出力値が最も大きく、周辺に配列された画素の出力値が急激に低下する分布を示し、それぞれの分布は互いに一致する。

40

【0027】

一方、図3(b)に示すように、撮像素子受光面から遠ざかる方向に、物点が焦点位置からずれると、物点が焦点位置に存在した場合に比べて、視差Lt画素が示す光強度分布のピークは、像点に対応する画素から一方向に離れた位置に現れ、かつその出力値は低下する。また、出力値を有する画素の幅も広がる。すなわち、撮像素子受光面の水平方向に対して点像の広がりをもつことになるので、ボケ量は増す。視差Rt画素が示す光強度分布のピークは、像点に対応する画素から、視差Lt画素における一方向とは逆向きかつ

50

等距離に離れた位置に現れ、同様にその出力値は低下する。また、同様に出力値を有する画素の幅も広がる。すなわち、物点が焦点位置に存在した場合に比べてなだらかとなった同一の光強度分布が、互いに等距離に離間して現れる。視差 L t 画素および視差 R t 画素が示す光強度分布のピーク間のずれ量は、視差量に相当する。

【 0 0 2 8 】

また、図 3 (c) に示すように、さらに物点が焦点位置からずれると、図 3 (b) の状態に比べて、さらになだらかとなった同一の光強度分布が、より離間して現れる。点像の広がりがより大きくなるので、ボケ量は増す。また、視差 L t 画素および視差 R t 画素が示す光強度分布のピーク間のずれも大きくなっているため、視差量も増す。つまり、物点が焦点位置から大きくずれる程、ボケ量と視差量が増すと言える。

10

【 0 0 2 9 】

図 3 (d) に示すように、撮像素子受光面に近づく方向に、物点が焦点位置からずれた場合には、図 3 (c) の状態とは逆に、視差 R t 画素が示す光強度分布のピークは、像点に対応する画素から上記一方向に離れた位置に現れる。視差 L t 画素が示す光強度分布のピークは、視差 R t 画素における一方向とは逆向きに離れた位置に現れる。すなわち、物点のずれの方向に応じて、視差 L t 画素および視差 R t 画素が示す光強度分布のピークが、像点に対応する画素からどちらの方向に離れた位置に現れるかが決まる。

【 0 0 3 0 】

図 2 で説明した光強度分布の変化と、図 3 で説明した光強度分布の変化をそれぞれグラフ化すると、図 4 のように表される。図 4 は、視差なし画素と視差画素の光強度分布を示す図である。図において、横軸は画素位置を表し、中心位置が像点に対応する画素位置である。縦軸は各画素の出力値を表し、この出力値は実質的に光強度に比例するので、図においては光強度として示す。

20

【 0 0 3 1 】

なお、上述のように、撮像素子受光面に近づく方向に、物点が焦点位置からずれた場合も、撮像素子受光面から遠ざかる方向に物点がずれた場合と同じような光強度分布を示すので、図において、撮像素子受光面に近づく方向にずれた場合の光強度分布の変化を省略している。撮像素子受光面に近づく方向に、物点が焦点位置からずれた場合の視差 L t 画素および視差 R t 画素が示す光強度分布のピークについても、撮像素子受光面から遠ざかる方向に物点がずれた場合の視差 L t 画素および視差 R t 画素が示す光強度分布のピークと同様であるので、省略している。

30

【 0 0 3 2 】

図 4 (a) は、図 2 で説明した光強度分布の変化を表すグラフである。分布曲線 1 8 0 1 は、図 2 (a) に対応する光強度分布を表し、最も急峻な様子を示す。分布曲線 1 8 0 2 は、図 2 (b) に対応する光強度分布を表し、また、分布曲線 1 8 0 3 は、図 2 (c) に対応する光強度分布を表す。分布曲線 1 8 0 1 に比較して、徐々にピーク値が下がり、広がりを持つ様子がわかる。

【 0 0 3 3 】

図 4 (b) は、図 3 で説明した光強度分布の変化を表すグラフである。分布曲線 1 8 0 4 と分布曲線 1 8 0 5 は、それぞれ図 3 (b) の視差 L t 画素の光強度分布と視差 R t 画素の光強度分布を表す。図からわかるように、これらの分布は中心位置に対して線対称の形状を成す。また、これらを足し合わせた合成分布曲線 1 8 0 6 は、図 3 (b) に対して同等のデフォーカス状態である図 2 (b) の分布曲線 1 8 0 2 と相似形状を示す。

40

【 0 0 3 4 】

分布曲線 1 8 0 7 と分布曲線 1 8 0 8 は、それぞれ図 3 (c) の視差 L t 画素の光強度分布と視差 R t 画素の光強度分布を表す。図からわかるように、これらの分布も中心位置に対して線対称の形状を成す。また、これらを足し合わせた合成分布曲線 1 8 0 9 は、図 3 (c) に対して同等のデフォーカス状態である図 2 (c) の分布曲線 1 8 0 3 と相似形状を示す。なお、図 3 (d) の視差 L t 画素の光強度分布と視差 R t 画素の光強度分布は、図 3 (c) の視差 L t 画素の光強度分布と視差 R t 画素の光強度分布の位置を入れ替え

50

た関係になるので、それぞれ分布曲線 1808 と分布曲線 1807 に相当する。

【0035】

図5は、視差画素の種類が2つである場合における開口部104の開口形状を説明する図である。図5(a)は、視差Lt画素の開口部104lの形状と、視差Rt画素の開口部104rの形状とが、視差なし画素(N画素)の開口部104nの形状を中心線322で分割したそれぞれの形状と同一である例を示している。つまり、図5(a)では、視差なし画素の開口部104nの面積は、視差Lt画素の開口部104lの面積と視差Rt画素の開口部104rの面積の和になっている。本実施形態においては、視差なし画素の開口部104nを全開口の開口部といい、開口部104lおよび開口部104rを半開口の開口部という。ここでは、半開口の開口部において、紙面横方向(水平方向)と紙面縦方向(垂直方向)との比は、1:2である。開口部が光電変換素子の中央に位置する場合に、当該開口部が基準方向に向いているという。視差Lt画素の開口部104lおよび視差Rt画素の開口部104rは、それぞれ対応する光電変換素子の中心(画素中心)を通る仮想的な中心線322に対して、互いに反対方向に偏位している。したがって、視差Lt画素の開口部104lおよび視差Rt画素の開口部104rはそれぞれ、中心線322に対する一方向、当該一方向とは反対の他方向に視差を生じさせる。

10

【0036】

図5(b)は、図5(a)で示した各開口部を有する画素において、撮像素子受光面から遠ざかる方向に、物点が焦点位置からずれた場合の光強度分布を示す。図中において、横軸は画素位置を表し、中心位置が像点に対応する画素位置である。また、曲線Ltは図5(b)の分布曲線1804、曲線Rtは図5(b)の分布曲線1805にそれぞれ相当する。曲線Nは視差なし画素に対応しており、図5(b)の合成分布曲線1806と相似形状を示す。また、それぞれの開口部104n、開口部104l、開口部104rは、開口絞りとしての機能を発揮する。したがって、開口部104l(開口部104r)の倍の面積を持つ開口部104nを有する視差なし画素が捉える被写体像のボケ幅は、図5(b)の合成分布曲線1806で示される、視差Lt画素と視差Rt画素を足し合わせた曲線のボケ幅と同程度となる。

20

【0037】

図5(c)は、図5(a)で示した各開口部を有する画素において、撮像素子受光面に近づく方向に、物点が焦点位置からずれた場合の光強度分布を示す。図において、横軸は画素位置を表し、中心位置が像点に対応する画素位置である。図5(c)の曲線Lt、曲線Rtは、開口部104nを有する視差なし画素が捉える被写体像のボケ幅が視差Lt画素と視差Rt画素を足し合わせた曲線のボケ幅と同程度となるという関係を維持しつつ、図5(b)の曲線Lt、曲線Rtに対して位置関係が逆転している。

30

【0038】

<被写界深度と非対称ボケ>

次に、被写界深度とボケの非対称性との関係について説明する。図5(b)、(c)からも明らかなように、非合焦域では、視差画素が捉える被写体像のボケ幅は、視差なし画素が捉える被写体像のボケ幅よりも狭い。これは、図5(a)の視差画素の開口マスクによって実質的にレンズの入射光束が右半分と左半分に絞られていることを意味する。換言すると、単一のレンズ瞳に左右2つの仮想瞳が生じているといえる。すなわち、視差画素の開口マスクにおける開口面積は、レンズの絞りの効果と同等の役割を果たす。

40

【0039】

一般に、レンズを絞ると被写界深度の深い画像が撮像される。視差画素における開口マスクの開口は、水平方向に短く垂直方向に長い。したがって、縦線などの水平方向に周波数成分を持つ被写体に対しては深い被写界深度の画像が撮像されるのに対し、横線などの垂直方向に周波数成分を持つ被写体に対しては浅い被写界深度の画像が撮像される。

【0040】

図6は、ボケの非対称性を説明するための図である。例えば、図6(a)のような正方形のパッチの被写体を撮像すると、合焦域では、図6(a)のような被写体像が得られる

50

。図6(b)では、左視差画素と右視差画素が捉えた被写体像を合わせて示している。非合焦域では、図6(b)に示すような水平方向のボケが少ない、縦線が横線よりもシャープに見える被写体像が撮像される。すなわち、視差画素における開口マスクの開口が水平方向と垂直方向で非対称性なので、被写体像の水平方向と垂直方向でボケが非対称性になっている。これは、ボケの非等方性ということもできる。

【0041】

図6(b)の左目用の被写体像と右目用の被写体像を重ね合わせて表示し、3D画像から2D画像を得たとすると、2D画像には水平方向のシャープなボケに起因した2線ボケのような、あまり好ましくないボケが生じることもある(図6(c))。

【0042】

図7は、視差画像および視差なし画像と、被写界深度との関係を示す図である。具体的には、図7は、撮像素子100の画素ピッチを a [mm]として、周波数が f [本/mm]にあるような被写体像の縞模様チャートを撮像したときの縦線縞模様チャートとそれを90°回転して撮像したときの横線縞模様チャートのMTF (Modulation Transfer Function) 特性の被写体距離依存性を示す図である。縦軸は、MTFを示し、横軸は、デジタルカメラ10からの距離 d を示す。MTF分布は、合焦位置の光軸付近のMTFを1とした場合に、縞模様チャートを合焦位置から前後させるとどのように減衰するかを表す。図7(a)は、視差なし画像(N画像)における一定周波数の被写体像の被写体距離に関する縦線縞模様チャートと横線縞模様チャートのMTF分布を示す。

【0043】

図7(a)に示すように、視差なし画像では、縦線縞模様チャートと横線縞模様チャートのMTF分布は一致している。図7(b)は、視差画像(視差Lt画像および視差Rt画像)における一定周波数の被写体像の被写体距離に関する縦線縞模様チャートと横線縞模様チャートのMTF分布を示す。図7(b)に示す横線縞模様チャートのMTF分布は、図7(a)に示す横線縞模様チャートのMTF分布に一致する。一方、図7(b)に示す縦線縞模様チャートのMTF分布は、図7(a)に示す縦線縞模様チャートのMTF分布に比べてコントラストの高い区間が広く分布し、被写界深度が深いことが読み取れる。換言すると、縞模様チャートを合焦位置から前後させると、視差画像では、横線縞模様チャートと縦線縞模様チャートとでコントラストが異なっている。これが先ほど図6で示したボケの非対称性を生み出している。図7では、視差なし画像と視差画像との間の被写界深度の違いを示したが、視差画像内の垂直方向と水平方向との間の被写界深度の違いと捉えることもできる。

【0044】

< 視差画素の開口形状と視差なし画素の開口形状 >

上述したように、視差画素においては、開口マスクの開口部の水平方向の開口幅(すなわち受光領域の水平方向の領域幅)は、垂直方向の開口幅(すなわち受光領域の垂直方向の領域幅)の1/2になっている。したがって、水平方向の被写界深度は深く、結果としてボケがつきにくい。一方、垂直方向の被写界深度は浅く、結果としてボケがつきやすい。視差なし画素においては、開口部の水平方向と垂直方向の比は、1:1である。水平方向と垂直方向とで被写界深度に差は生じない。以上のことから、視差画素と視差なし画素では、開口マスクの開口部の形状が異なる、すなわち受光領域の形状が異なることにより、ボケの出かたが異なることがわかる。本実施形態においては、光学系を何ら変更することなく、視差画像で生じる被写界深度の非対称性によるボケの非対称性を低減する。視差画素の他に視差なし画素が混在している画素配列の場合には、視差なし画素に工夫を加えることにより、ボケの非対称性を低減できる。すなわち、視差なし画素の集光特性を水平方向と垂直方向の間で非対称にし、かつ、視差画素の非対称性とは逆の方向に非対称化することによって、画像全体として中和する効果を狙う。視差画素に入射する光束の非対称性と視差なし画素に入射する光束の非対称性を、撮像素子が捉えた画像信号として吐き出し、画像処理によって混合することによって中和される。したがって、撮像素子単独の設

10

20

30

40

50

計変更のみでボケの対称化が図れる。

【 0 0 4 5 】

視差画像のボケのアンバランスを低減する方法として2つの方法が考えられる。2つの方法について図8を用いて説明する。図8は、視差なし画素の構成を説明する図である。1つ目の方法は、図8(a)に示すように、視差なし画素の開口部104nの開口形状を水平方向が長辺、垂直方向が短辺となるようにとることである。これにより、視差なし画素の受光領域における水平方向の領域幅は、垂直方向の領域幅より長くなる。ここで、開口部104nの開口形状が横長形状となるものの、開口部104nは画素中心に対して偏位していない位置に設定されている。したがって、開口形状が横長形状となる開口部104nを有する画素は視差なし画素である。長辺aと短辺bの比を、視差画素の開口マスクの開口部における開口の非対称性を相殺するために、下記の通りとする。

$$a : b = 1 : 1 - v$$

ここで、vは視差画素の開口形状の関数として表されるパラメータである。より詳細には、開口部104nの垂直方向において全開口からの縮小幅を示すパラメータである。また、詳しくは後述するが、vは視差画素の密度の関数としても表される。

【 0 0 4 6 】

2つ目の方法は、図8(b)に示すように、視差なし画素の開口部104nの開口形状は全開口のまま、マイクロレンズ101の集光特性を変化させることである。具体的には、垂直方向の集光特性が水平方向の集光特性より悪くなるように、すなわち水平方向が長軸、垂直方向が短軸となるようにマイクロレンズ101を変形し、垂直方向のほうが水平方向よりも実質的に開口を狭めた効果を得る。換言すると、水平方向の入射光量が垂直方向の入射光量より多くなるようマイクロレンズ101を形成する。マイクロレンズ101を上視すると、通常の間形から楕円形に変形したことになる。長軸径をa、短軸径をbとすると、楕円形状を表す式は下記になる。

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

【 0 0 4 7 】

視差なし画素の開口マスクの開口形状を非対称にする場合に、どのように開口部の長辺aと短辺bの比を決定すべきか説明する。本実施形態においては、視差画像のボケのアンバランスの改善と、視差なし画像のボケのバランスの悪化とのバランスを考慮して、視差なし画素の開口形状を設定する。ここで、後述する視差変調によって視差画像を生成するにあたり、視差なし画像のボケは最終的に生成される高解像度の視差画像のボケに反映される。したがって、本実施形態においては、視差画素と視差なし画素の密度比に応じて視差なし画素の開口形状を設定するとよい。例えば、視差なし画素が視差画素に対して支配的であれば、視差画像のボケは最終的に生成される高解像度の視差画像全体に対する影響が小さいので、視差なし画素が視差画素に対して支配的になるほど、視差なし画素の開口部の長軸と短軸の比を1に近づける。すなわち、全開口に近づける。これにより、視差なし画像のボケのバランスの悪化を小幅に留めつつ、視差画像のボケのアンバランスを改善できる。

【 0 0 4 8 】

逆に、視差画素が視差なし画素に対して支配的であれば、視差画像のボケは最終的に生成される高解像度の視差画像全体に対する影響が大きいため、視差画素が視差なし画素に対して支配的になるほど、視差なし画素の開口部の長軸と短軸の比を一定の限界値2:1に近づける。すなわち、意味のある範囲で開口部を閉じる。つまり、視差画素を90°回転させた矩形形状が限界点である。これにより、視差画像のボケのアンバランスを大幅に改善しつつ、視差なし画像のボケのバランスの悪化を抑制できる。

【 0 0 4 9 】

以上のように、視差画素と視差なし画素の密度比に基づいて視差なし画素の開口形状を

設定することにより、視差変調処理により視差画像を生成するにあたって、ボケのアンバランスが改善された視差画像を得ることができる。その結果、より自然なボケの視差画像を得ることができる。なお、ここでは、視差なし画素の開口マスクの開口形状を非対称化する場合について説明したが、マイクロレンズの集光特性を非対称化する場合に付いても同様のことがいえる。

【0050】

次に、撮像素子100の構成の一例について説明する。図9は、撮像素子100の構成を説明するための図である。図9は、視差なし画素の開口マスクの開口形状を非対称化する構成について示す。図9(a)は、複数の画素が画素領域にマトリクス状に配列されている様子を示す。図9(b)、(c)は、撮像素子100の一部を拡大した様子を概念的に表している。特に図9(b)は、X軸方向に隣接する3つの画素の断面図(A-A断面)を示す。図9(c)は、Y軸方向に隣接する3つの画素の断面図(B-B断面)を示す。図9(b)、(c)では、視差Lt画素、視差なし画素、視差Rt画素が隣接して配列されているとして説明する。なお、ここでは、視差Lt画素に対応する開口部を開口部104l、視差Rt画素に対応する開口部を開口部104r、視差なし画素に対応する開口部を開口部104nと記し、特にこれらを区別しない場合には単に開口部104と記す。

10

【0051】

図9(b)、(c)に示すように、撮像素子100は、被写体側から順に、マイクロレンズ101、カラーフィルタ102、開口マスク103、配線層105および光電変換素子108が配列されて構成されている。光電変換素子108は、入射する光を電気信号に変換するフォトダイオードにより構成される。光電変換素子108は、基板109の表面に二次元的に複数配列されている。

20

【0052】

光電変換素子108により変換された画像信号、光電変換素子108を制御する制御信号等は、配線層105に設けられた配線106を介して送受信される。また、各光電変換素子108に一対一に対応して設けられ、二次元的に繰り返し配列された開口部104を有する開口マスク103が、配線層105に接して設けられている。

【0053】

開口部104lおよび開口部104rは、対応する光電変換素子108ごとに画素中心に対してX軸方向に偏位されて、相対的な位置が厳密に定められている。開口部104lおよび開口部104rにより、対応する光電変換素子108が被写体光束を受光する受光領域が設定される。これにより、光電変換素子108が受光する被写体光束に視差が生じる。

30

【0054】

一方、開口部104nは、画素中心に対して偏位していない。開口部104nにより、対応する光電変換素子108が被写体光束を受光する受光領域が設定される。開口部104nが画素中心に対して偏位していないので、光電変換素子108が受光する被写体光束に視差が生じない。開口マスク103は、各光電変換素子108に対応して別個独立に配列してもよいし、カラーフィルタ102の製造プロセスと同様に複数の光電変換素子108に対して一括して形成してもよい。

40

【0055】

カラーフィルタ102は、開口マスク103上に設けられている。カラーフィルタ102は、各光電変換素子108に対して特定の波長帯域を透過させるように着色された、光電変換素子108のそれぞれに一対一に対応して設けられるフィルタである。カラー画像を出力するには、互いに異なる少なくとも2種類のカラーフィルタが配列されればよいが、より高画質のカラー画像を取得するには3種類以上のカラーフィルタを配列するとよい。例えば赤色波長帯を透過させる赤フィルタ(Rフィルタ)、緑色波長帯を透過させる緑フィルタ(Gフィルタ)、および青色波長帯を透過させる青フィルタ(Bフィルタ)を格子状に配列するとよい。カラーフィルタは原色RGBの組合せのみならず、YCMの補色

50

フィルタの組合せであってもよい。

【0056】

マイクロレンズ101は、カラーフィルタ102上に設けられている。マイクロレンズ101は、入射する被写体光束のより多くを光電変換素子108へ導くための集光レンズである。マイクロレンズ101は、光電変換素子108のそれぞれに一对一に対応して設けられている。マイクロレンズ101の形状は、視差Lt画素、視差Rt画素、視差なし画素のそれぞれにおいて同一である。マイクロレンズ101は、撮影レンズ20の瞳中心と光電変換素子108の相対的な位置関係を考慮して、より多くの被写体光束が光電変換素子108に導かれるようにその光軸がシフトされていることが好ましい。さらには、開口マスク103の開口部104の位置と共に、後述の特定の被写体光束がより多く入射するように配置位置が調整されてもよい。

10

【0057】

なお、集光効率、光電変換効率がよいイメージセンサの場合は、マイクロレンズ101を設けなくてもよい。また、裏面照射型イメージセンサの場合は、配線層105が光電変換素子108とは反対側に設けられる。また、開口マスク103の開口部104に色成分を持たせれば、カラーフィルタ102と開口マスク103を一体的に形成することもできる。なお、白黒画像信号を出力すればよい場合にはカラーフィルタ102は設けない。

【0058】

また、本実施形態においては、開口マスク103と配線106を別体として設けているが、開口マスク103の機能を配線106が担ってもよい。すなわち、規定される開口形状を配線106により形成し、当該開口形状により入射光束を制限して特定の部分光束のみを光電変換素子108へ導く。この場合、開口形状を形成する配線106は、配線層105のうち最も光電変換素子108側であることが好ましい。

20

【0059】

また、開口マスク103は、光電変換素子108に重ねて設けられる透過阻止膜によって形成されてもよい。この場合、開口マスク103は、例えば、SiN膜とSiO₂膜を順次積層して透過阻止膜とし、開口部104に相当する領域をエッチングで除去して形成される。さらに、なお、光電変換素子108そのものの水平方向の領域幅と垂直方向の領域幅の比が異なるよう当該光電変換素子108を形成することにより、水平方向の領域幅と垂直方向の領域幅とが異なる受光領域を形成することもできる。

30

【0060】

図10は、撮像素子100の構成を説明するための図である。図10は、視差なし画素のマイクロレンズの集光特性を非対称化する構成について示す。図10(a)は、複数の画素が画素領域にマトリクス状に配列されている様子を示す。図10(b)、(c)は、撮像素子100の一部を拡大した様子を概念的に表している。図10(b)は、X軸方向に隣接する3つの画素の断面図(A-A断面)を示す。図10(c)は、Y軸方向に隣接する3つの画素の断面図(B-B断面)を示す。ここでは、視差なし画素の構成に着目して説明する。視差画素の構成は、図9に示す撮像素子と同様である。

【0061】

図10(b)、(c)に示すように、視差なし画素のマイクロレンズ101nの集光特性を非対称化する場合には、対応する光電変換素子108上には、全開口の開口マスク103が存在する。図10(b)に示すように、視差なし画素のマイクロレンズ101nのX軸方向の開口幅は、開口部104nのX軸方向の開口幅より広い。したがって、対応する光電変換素子108は、X軸方向の全体に亘って被写体光束を受光できる。一方、図10(c)に示すように、視差なし画素のマイクロレンズ101nのY軸方向の開口幅は、開口部104nのY軸方向の幅より狭い。したがって、対応する光電変換素子108は、Y軸方向の全体に亘って被写体光束を受光することはできず、マイクロレンズ101nのY軸方向の開口幅に対応する領域でのみ被写体光束を受光できる。マイクロレンズ101nの作用により、光電変換素子108においてY軸方向の開口幅がX軸方向の開口幅より狭い受光領域が設定される。

40

50

【 0 0 6 2 】

< 視差画素と視差なし画素の密度比、および視差なし画素の開口形状 >

図 1 1 は、画素配列の比較例を示す図である。図 1 1 に示す撮像素子 3 0 0 は、図の太線で示す 2×2 画素のパターン 3 1 0 を基本格子とする。パターン 3 1 0 において、左上の画素および右下の画素に視差 L t 画素が割り当てられている。左下の画素および右上の画素に視差 R t 画素が割り当てられている。ここでは、撮像素子 3 0 0 は、モノクロセンサである。図 1 1 に示す撮像素子 3 0 0 の配列は、 $N : L t : R t = 0 : 1 : 1$ である。つまり、図 1 1 に示す撮像素子 3 0 0 は、視差画素のみが配列された撮像素子である。

【 0 0 6 3 】

続いて、視差画素と視差なし画素が混在する撮像素子の画素配列について図 1 2 ~ 図 1 4 を用いて説明する。図 1 2 ~ 図 1 4 では、視差なし画素の開口部の開口形状を調整する場合について示している。なお、マイクロレンズを变形する場合には、視差なし画素の開口マスクとして全開口の開口マスクを用いればよい。図 1 2 は、本実施形態の画素配列の一例を示す図である。図 1 2 に示す撮像素子 1 0 0 は、図の太線で示す 2×2 画素のパターン 1 1 0 を基本格子とする。パターン 1 1 0 において、左上の画素および右下の画素に視差なし画素が割り当てられている。また、左下の画素に視差 L t 画素が割り当てられ、右上の画素に視差 R t 画素が割り当てられている。ここでは、撮像素子 1 0 0 は、モノクロセンサである。図 1 2 に示す撮像素子 1 0 0 の配列は、 $N : L t : R t = 2 : 1 : 1$ である。

【 0 0 6 4 】

図 1 3 は、本実施形態の画素配列のバリエーションを示す図である。図 1 3 に示す撮像素子 1 0 0 は、隣接する 8 画素 \times 8 画素のパターン 1 1 0 を基本格子とする。パターン 1 1 0 は、 2×2 の 4 画素を基本単位とするベイヤー配列を、Y 軸方向に 4 つ、X 軸方向に 4 つ含む。なお、図示するように、ベイヤー配列においては、左上画素と右下画素に緑フィルタ (G フィルタ)、左下画素に青フィルタ (B フィルタ)、右上画素に赤フィルタ (R フィルタ) が配される。

【 0 0 6 5 】

パターン 1 1 0 内の画素を $P_{I, J}$ で表す。例えば、左上画素は $P_{1, 1}$ であり、右上画素は $P_{8, 1}$ である。図に示すように、視差画素は以下のように配列されている。

【 0 0 6 6 】

$P_{1, 1}$... 視差 L t 画素 + G フィルタ (= G (L t))
 $P_{5, 1}$... 視差 R t 画素 + G フィルタ (= G (R t))
 $P_{3, 2}$... 視差 L t 画素 + B フィルタ (= B (L t))
 $P_{7, 2}$... 視差 R t 画素 + B フィルタ (= B (R t))
 $P_{2, 3}$... 視差 R t 画素 + R フィルタ (= R (R t))
 $P_{6, 3}$... 視差 L t 画素 + R フィルタ (= R (L t))
 $P_{4, 4}$... 視差 R t 画素 + G フィルタ (= G (R t))
 $P_{8, 4}$... 視差 L t 画素 + G フィルタ (= G (L t))
 $P_{1, 5}$... 視差 R t 画素 + G フィルタ (= G (R t))
 $P_{5, 5}$... 視差 L t 画素 + G フィルタ (= G (L t))
 $P_{3, 6}$... 視差 R t 画素 + B フィルタ (= B (R t))
 $P_{7, 6}$... 視差 L t 画素 + B フィルタ (= B (L t))
 $P_{2, 7}$... 視差 L t 画素 + R フィルタ (= R (L t))
 $P_{6, 7}$... 視差 R t 画素 + R フィルタ (= R (R t))
 $P_{4, 8}$... 視差 L t 画素 + G フィルタ (= G (L t))
 $P_{8, 8}$... 視差 R t 画素 + G フィルタ (= G (R t))

他の画素は視差なし画素であり、視差無し画素 + R フィルタ、視差なし画素 + G フィルタ、視差無し画素 + B フィルタのいずれかである。ここでは、撮像素子 1 0 0 は、カラーセンサである。図 1 3 に示す撮像素子 1 0 0 の配列は、 $N : L t : R t = 6 : 1 : 1$ である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

図 1 4 は、本実施形態の画素配列のパリエーションを示す図である。図 1 4 に示す撮像素子 1 0 0 は、隣接する 8 画素 × 8 画素のパターン 1 1 0 を基本格子とする。パターン 1 1 0 は、2 × 2 の 4 画素を基本単位とするペイヤー配列を、Y 軸方向に 4 つ、X 軸方向に 4 つ含む。また、図に示すように、視差画素は以下のように配列されている。

【 0 0 6 8 】

$P_{11} \dots$ 視差 L t 画素 + G フィルタ (= G (L t))
 $P_{51} \dots$ 視差 R t 画素 + G フィルタ (= G (R t))
 $P_{32} \dots$ 視差 L t 画素 + B フィルタ (= B (L t))
 $P_{63} \dots$ 視差 R t 画素 + R フィルタ (= R (R t))
 $P_{15} \dots$ 視差 R t 画素 + G フィルタ (= G (R t))
 $P_{55} \dots$ 視差 L t 画素 + G フィルタ (= G (L t))
 $P_{76} \dots$ 視差 R t 画素 + B フィルタ (= B (R t))
 $P_{27} \dots$ 視差 L t 画素 + R フィルタ (= R (L t))

10

他の画素は視差なし画素であり、視差無し画素 + R フィルタ、視差なし画素 + G フィルタ、視差無し画素 + B フィルタのいずれかである。ここでは、撮像素子 1 0 0 は、カラーセンサである。図 1 4 に示す撮像素子 1 0 0 の配列は、N : L t : R t = 1 4 : 1 : 1 である。

【 0 0 6 9 】

図 1 3 においては、撮像素子 1 0 0 の全体でみた場合に、視差画素は、G フィルタを有する第 1 群と、R フィルタを有する第 2 群と、B フィルタを有する第 3 群のいずれかに区分され、パターン 1 1 0 には、それぞれの群に属する視差 L t 画素および視差 R t 画素が少なくとも 1 つは含まれる。図の例のように、これらの視差画素および視差なし画素のそれぞれが、パターン 1 1 0 内においてできるだけ等方性を有して配置されるとよい。なお、視差画素および視差なし画素が混合して配置されているので、一見ランダムに配置されるように見える。等方性を有して配置されることにより、色成分ごとの空間分解能に偏りを生じさせることなく、視差画素の出力として R G B のカラー情報を取得することができるので、高品質な視差画像データが得られる。

20

【 0 0 7 0 】

以上のそれぞれの配列において、視差なし画素の開口部の開口形状は、如何なる長方形状（矩形形状）をとればよいか説明する。それぞれの配列において視差画素の密度が異なるので、非対称ボケの影響度合いも異なると推察される。非対称ボケの影響度合いは、後の各実施形態で説明する画像処理を通して、中間的に生成される 2 D 画像におけるボケで測定するものとする。なぜならば、後述する視差変調という画像処理を通して最終的に生成される 3 D 画像は、右目用画像と左目用画像を単純に重ね合わせて表示すると中間的に生成された 2 D 画像と同じ状態に見えるからである。

30

【 0 0 7 1 】

全画素数に占める視差画素の総数の割合（視差画素の密度）が で表される場合に、視差なし画素の開口部における垂直方向の変形割合 v を の関数として表す。ただし、視差画素の密度は、互いに同数の左視差画素と右視差画素の和であり、視差なし画素と左視差画素と右視差画素の密度比が下記の（式 1）で表されるとする。

40

【 0 0 7 2 】

$N : L t : R t = 1 - \quad : \quad / 2 : \quad / 2$ （式 1）

上述した中間的に生成される 2 D 画像を生成するにあたって、以下の実施形態で述べる画像処理では、視差なし画素の画素値と視差画素の画素値を密度比に応じて混合する処理を行う。これにより、全ての画素でサンプリングした空間情報を最大限に生かすことができる。実際には、画像処理部 2 0 5 は、撮像素子 1 0 0 の画素配列順にその出力値（画素値）が羅列された R A W 元画像データを受け取り、複数のプレーンデータに分離するプレーン分離処理を実行する。プレーンデータとは、同一に特徴付けられた画素グループごとに分離して寄せ集められた画像データである。画像処理部 2 0 5 は、まず視差画素の画素

50

値を除去して、空格子とする。そして、空格子となった画素値を、周辺の視差なし画素の画素値を用いて補間処理により算出する。これにより、空格子が埋められたN画像を生成する。

【0073】

同様に、画像処理部205は、撮像素子100の全出力値から左視差画素の画素値以外の画素値を除去して空格子とする。そして、空格子となった画素値を、周辺の左視差画素の画素値を用いて補間処理により算出する。これにより、空格子が埋められたLt画像を生成する。さらに画像処理部205は、撮像素子100の全出力値から右視差画素の画素値以外の画素値を除去して空格子とする。そして、空格子となった画素値を、周辺の右視差画素の画素値を用いて補間処理により算出する。これにより、空格子が埋められたRt画像を生成する。その後、Lt画像とRt画像の平均画像を生成すると、当該平均画像も別な空間情報を備えた視差なし画像を表している。したがって、N画像と、Lt画像とRt画像の平均画像の2種類の視差なし画像を混合して、新たに1つに統合した視差なし画像N'を生成する。これを各画素位置上で行う。ここでは、視差画素密度に応じた相乗平均をとる例を示す。これは後述するローカル・ゲインバランス補正と呼ばれる処理ステップで行う。

10

【0074】

これを模式的に表すと密度比 の関数で表すことができる(式2)。

$$N' = N^{1-\delta} \cdot \left(\frac{Lt + Rt}{2} \right)^\delta$$

20

(式2)

中間2D画像を視差画素の密度の関数として生成するので、 の極限值、すなわち、1の場合には視差画素のみで作成した画像となり、0の場合には視差なし画素のみで作成した画像となる。この極限状態で、視差なし画素の開口部の開口形状a:bが如何なる値を採るべきかを考察すると、 の関数として表す場合の出発点の境界条件が与えられる。

【0075】

1の場合には視差画素のみで構成されるので、視差なし画素が存在しない。したがって、視差なし画素による補正はできない。0の場合には視差なし画素のみで構成されるので、通常の2D専用センサと同等になり、視差なし画素の開口形状を变形する必要はない。したがって、v=0である。これは他が如何なる条件になろうとも常に成り立っていないなければならない。したがって、v=0 と置くことができる。つまり、 が0の近傍において、vは に比例する。 =0の場合にはv=0となる。

30

【0076】

次に、視差画素が半開口の状態から、水平方向に開口を広げた場合に、視差画素の開口形状の関数として視差なし画素の開口形状の变形割合vを表す場合について説明する。図15は、視差画素の開口マスクの開口形状を説明する図である。視差Lt画素の開口部104lは、中心線322から右側に幅uだけ延伸している。一方、視差Rt画素の開口部104rは、中心線322から左側に幅uだけ延伸している。視差画素の開口部は、(式3)で表すことができる。

40

【0077】

$$\text{水平開口幅} : \text{垂直開口幅} = ((1/2) + u) : 1 \quad (\text{式3})$$

この場合においても、まず初めに極限状態が如何なる境界条件を与えるかを考察する。視差画素の開口が全開口にまで広がる極限u=1/2を想定する。この場合には、視差画素は視差なし画素として扱うことができるので、全てが視差なし画素となる。したがって、視差画素の密度に関係なく任意の に対して、常に視差なし画素を变形する必要はない。つまり、v=0となる。これは他が如何なる条件を採ろうとも常に成り立っていないので、v=0 ((1/2) - u) と置くことができる。

50

【0078】

以上をまとめると、(式4)、(式5)、(式6)となる。

$= 1$ の場合 補正不能 (式4)

$= 0$ の場合 常に $v = 0$ (式5)

任意の u に対して、 $u = 1/2$ の場合 常に $v = 0$ ($(1/2) - u$) (式6)

以上から、(式7)を導くことができる。

$v = ((1/2) - u)$ (式7)

【0079】

v が $((1/2) - u)$ と比例関係にあることがわかったので、次にその比例係数を決めて絶対量を表現する。絶対量を表現するにあたって、視差画素が半開口の状態 $u = 0$ で構成される単純な場合を考察するのがよい。更に、視差画素の密度が $= 1/2$ である図12に示される $N : L_t : R_t = 2 : 1 : 1$ の配列を考える。図12の一方の N 画素が L_t 画素の非対称ボケを補正し、他方の N 画素が R_t 画素の非対称ボケを補正する役割を担うと仮定すると、 $N : L_t : R_t = 1 - \quad : \quad / 2 : \quad / 2$ であるので一般的に(式8)に示す関係が導かれる。

$v = \quad / 2$ (式8)

図12～図14で示す画素配列の場合に、視差なし画素の変形割合 v は如何なる値を採るかを示す。

【0080】

図12に示したように、 $N : L_t : R_t = 2 : 1 : 1$ 、すなわち $= 1/2$ の場合には、(式9)となる。

$V = 1/4$ (式9)

図13に示したように、 $N : L_t : R_t = 6 : 1 : 1$ 、すなわち $= 1/4$ の場合には、(式10)となる。

$V = 1/8$ (式10)

図14に示したように、 $N : L_t : R_t = 14 : 1 : 1$ 、すなわち $= 1/8$ の場合には、(式11)となる。

$V = 1/16$ (式11)

【0081】

上記(式7)において $u = 0$ の場合に(式8)が成り立つので、比例定数は1であることがわかる。一般式として(式12)を導出できる。

$v = \quad \times ((1/2) - u)$ (式12)

したがって、視差なし画素の開口マスクにおける矩形形状の長辺と短辺の比 $a : b$ 、あるいはマイクロレンズの楕円形状の長軸径と短軸径の比 $a : b$ は次のように表すことができる。

$a : b = 1 : 1 - \quad \times ((1/2) - u)$ (式13)

(式13)は、 u が負の領域についても成り立つ。つまり、 $|u| < 1/2$ である。また、 $0 < \quad < 1$ である。

【0082】

$u = 0$ の場合において、図12～図14で示す画素配列の場合の a と b の比を示す。

図12に示したように、 $N : L_t : R_t = 2 : 1 : 1$ 、すなわち $= 1/2$ の場合には、(式14)となる。

$a : b = 1 : 1 - 1/4 = 4 : 3$ (式14)

図13に示したように、 $N : L_t : R_t = 6 : 1 : 1$ 、すなわち $= 1/4$ の場合には、(式15)となる。

$a : b = 1 : 1 - 1/8 = 8 : 7$ (式15)

図14に示したように、 $N : L_t : R_t = 14 : 1 : 1$ 、すなわち $= 1/8$ の場合には、(式16)となる。

$a : b = 1 : 1 - 1/16 = 16 : 15$ (式16)

【0083】

10

20

30

40

50

< 実施形態 1 >

ここでは、撮像素子 100 の配列として図 12 で示した配列を採用する。すなわち、撮像素子 100 はモノクロセンサであり、撮像素子 100 の配列は、 $N : L_t : R_t = 2 : 1 : 1$ である。視差なし画素の構成は、次のどちらか 1 つを採る。すなわち、開口部の長辺と短辺の比が $a : b = 4 : 3$ である開口マスクを用いるか、長軸径と短軸径の比が $a : b = 4 : 3$ となる楕円形状に集光特性を変形したマイクロレンズを用いるか、のいずれかである。以下にそうして撮像された画像データを現像する画像処理を示す。画像処理の手順は、およそ以下の通りである。

【 0084 】

- 1) 視差多重化モザイク画像データ入力
 - 2) 視差モザイク画像のグローバル・ゲインバランス補正
 - 3) 仮の視差画像の生成
 - 4) 左右の局所照度分布補正による視差なし基準画像の生成
(ローカル・ゲインバランス補正)
 - 5) 実際の視差画像の生成
 - 6) 出力空間への変換
- 以下、順に説明する。

10

【 0085 】

- 1) 視差多重化モザイク画像データ入力

図 12 の視差が多重化された単板式モノクロのモザイク画像を $M(x, y)$ で表す。階調は A/D 変換によって出力された線形階調であるものとする。

20

【 0086 】

- 2) 視差モザイク画像のグローバル・ゲインバランス補正

撮影された被写体像をそのまま使って、視差なし画素の画素値の画像全体の平均値 \bar{N} と、

左視差画素の画素値の画像全体の平均値 \bar{L}_t と、右視差画素の画素値の画像全体の平均値 \bar{R}_t

30

を算出する。実施形態 2 と同様に、3 つの信号レベルが存在する。まず、左右間の基準点として、平均値に信号レベルを合わせるようにゲイン補正を行う。具体的には、視差なし画素の開口マスクは水平方向に全開口であるので、全開口の視差なし画素と同じボケ幅を持つ被写体像を形成する目的で相加平均を用いて平均値を算出する。その後、左右平均された信号レベルと視差なし画素の信号レベルとの間で相乗平均をとって、その平均値に信号レベルを合わせるようにゲイン補正を行う。

40

【 0087 】

便宜的にモザイク画像 $M(x, y)$ の内、視差なし画素の信号面を $N_{mosaic}(x, y)$ 、左視差画素の信号面を $L_{tmosaic}(x, y)$ 、右視差画素の信号面を $R_{tmosaic}(x, y)$ 、と表すことにする。

【 0088 】

平均値

$$\bar{m} = \sqrt{\bar{N} \cdot \frac{\bar{L}t + \bar{R}t}{2}}$$

視差なし画素に対するゲイン値

$$\bar{g}_N = \frac{\bar{m}}{\bar{N}} = \sqrt{\frac{\bar{L}t + \bar{R}t}{2\bar{N}}} \quad 10$$

左視差画素に対するゲイン値

$$\bar{g}_{Lt} = \frac{\bar{m}}{\bar{L}t} = \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{L}t} \cdot \frac{\bar{L}t + \bar{R}t}{2\bar{L}t}}$$

右視差画素に対するゲイン値

$$\bar{g}_{Rt} = \frac{\bar{m}}{\bar{R}t} = \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{R}t} \cdot \frac{\bar{L}t + \bar{R}t}{2\bar{R}t}} \quad 20$$

視差なし画素に対するグローバル・ゲイン補正

$$N'_{mosaic}(x, y) = N_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_N = N_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{L}t + \bar{R}t}{2\bar{N}}}$$

左視差画素に対するグローバル・ゲイン補正

$$Lt'_{mosaic}(x, y) = Lt_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{Lt} = Lt_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{L}t} \cdot \frac{\bar{L}t + \bar{R}t}{2\bar{L}t}} \quad 30$$

右視差画素に対するグローバル・ゲイン補正

$$Rt'_{mosaic}(x, y) = Rt_{mosaic}(x, y) \cdot \bar{g}_{Rt} = Rt_{mosaic}(x, y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{N}}{\bar{R}t} \cdot \frac{\bar{L}t + \bar{R}t}{2\bar{R}t}}$$

【 0 0 8 9 】

こうして視差なし画素が1つのゲイン係数で、左視差画素が1つのゲイン係数で、右視差画素が1つのゲイン係数で補正されたモザイク画像を $M'(x, y)$ として出力する。 40

【 0 0 9 0 】

3) 仮の視差画像の生成

空間周波数解像度の低い分解能である仮の左視差画像と、空間周波数解像度の低い分解能である仮の右視差画像を生成する。左視差画素ばかりを集めた信号面内の単純平均補間を行う。近接して存在する画素値を用いて、距離の比に応じて線形補間を行う。同様に、右視差画素ばかりを集めた信号面内の単純平均補間を行う。同様に、視差なし画素ばかりを集めた信号面内の単純平均補間を行う。すなわち、 $Lt_{mosaic}(x, y)$ から $Lt(x, y)$ を、 $Rt_{mosaic}(x, y)$ から $Rt(x, y)$ を、 $N_{mosaic}(x, y)$ から $N(x, y)$ を生成する。仮の視差なし画像を $N(x, y)$ 、仮の左視差画 50

像を $L_t(x, y)$ 、仮の右視差画像を $R_t(x, y)$ と表す。なお、仮の視差なし画像 $N(x, y)$ を生成する場合には、信号面内での方向判定を導入して高精細に行うのがよい。

【0091】

4) 左右の照度分布補正による視差なし基準画像の生成
(ローカル・ゲインバランス補正)

次にステップ1で行ったグローバル・ゲイン補正と同様の考え方で、画素単位のローカル・ゲイン補正を行うことによって、まず画面内の左視差画素と画面内の右視差画素の照度を合わせる。この操作によって左右間の視差を消滅させる。その上で左右平均をとった信号面と視差なし画素の撮像信号面との間でさらに照度を合わせる。そうして、全ての画素でゲイン整合のとれた新しい視差なしの基準画像面を作成する。これは平均値と置き換えることと等価であり、視差の消滅した中間画像面が出来上がる。これを $N(x, y)$ と書くことにする。

10

【0092】

各画素の平均値

$$m(x, y) = \sqrt{N(x, y) \cdot \frac{L_t(x, y) + R_t(x, y)}{2}}$$

20

視差なし画素に対する各画素のゲイン値

$$g_N(x, y) = \frac{m(x, y)}{N(x, y)} = \sqrt{\frac{L_t(x, y) + R_t(x, y)}{2N(x, y)}}$$

左視差画素に対する各画素のゲイン値

$$g_{L_t}(x, y) = \frac{m(x, y)}{L_t(x, y)} = \sqrt{\frac{N(x, y)}{L_t(x, y)} \cdot \frac{L_t(x, y) + R_t(x, y)}{2L_t(x, y)}}$$

30

右視差画素に対する各画素のゲイン値

$$g_{R_t}(x, y) = \frac{m(x, y)}{R_t(x, y)} = \sqrt{\frac{N(x, y)}{R_t(x, y)} \cdot \frac{L_t(x, y) + R_t(x, y)}{2R_t(x, y)}}$$

視差なし画素に対する各画素のローカル・ゲイン補正

$$N(x, y) \cdot g_N(x, y) = m(x, y)$$

左視差画素に対する各画素のローカル・ゲイン補正

$$L_t(x, y) \cdot g_{L_t}(x, y) = m(x, y)$$

40

右視差画素に対する各画素のローカル・ゲイン補正

$$R_t(x, y) \cdot g_{R_t}(x, y) = m(x, y)$$

このように左視点の画像と右視点の画像の平均値をさらに視差のない基準視点の画像との平均値をとった画素値を新たな視差なし画素値として、モノクロ面のデータを書き換え、視差なしモノクロ面の画像 $N(x, y)$ を出力する。

【0093】

5) 実際の視差画像の生成

ステップ3で生成した解像力の低い仮の左視差画像 $L_t(x, y)$ とステップ5で中間

50

処理として生成した解像力の高い視差なしのモノクロ画像 $N(x, y)$ を用いて、実際に出力する解像力の高い左視差のモノクロ画像 $Lt'(x, y)$ を生成する。同様に、ステップ3で生成した解像力の低い仮の右視差画像 $Rt(x, y)$ とステップ5で中間処理として生成した解像力の高い視差なしのモノクロ画像 $N(x, y)$ を用いて、実際に出力する解像力の高い右視差のカラー画像 $Rt'(x, y)$ を生成する。

【0094】

視差なしのモノクロ画像は、全開口のボケ幅と一致する被写体像を形成している。したがって、比を一定に保つ視差変調の分母には、左視点像と右視点像の相加平均による全開口のボケ幅を持った像を基準点にとり、視差変調後の左右の画像が再度、半開口のボケ幅をもつ像となるように変調を加える。

【0095】

左視差変調

$$Lt'(x, y) = N(x, y) \frac{2Lt(x, y)}{Lt(x, y) + Rt(x, y)}$$

右視差変調

$$Rt'(x, y) = N(x, y) \frac{2Rt(x, y)}{Lt(x, y) + Rt(x, y)}$$

【0096】

6) 出力色空間への変換

こうして得られた高解像な視差なしの中間モノクロ画像 $N(x, y)$ と高解像の左視差のモノクロ画像 $Lt'(x, y)$ 、高解像の右視差のモノクロ画像 $Rt'(x, y)$ のそれぞれを適当なガンマ変換を行って出力空間の画像として出力する。

【0097】

<実施形態2>

ここでは、撮像素子100の配列として図14で示した配列を採用する。すなわち、撮像素子100はカラーセンサであり、撮像素子100の配列は、 $N : Lt : Rt = 14 : 1 : 1$ である。視差なし画素の構成は、次のどちらか1つを採る。すなわち、開口部の長辺と短辺の比が $a : b = 16 : 15$ となる開口マスクを用いるか、長軸と短軸の比が $a : b = 16 : 15$ となる楕円形状に集光特性を変形したマイクロレンズを用いるか、のいずれかである。以下にそうして撮像された画像データを現像する画像処理を示す。画像処理の手順は、およそ以下の通りである。

【0098】

- 1) 色・視差多重化モザイク画像データ入力
 - 2) 色・視差モザイク画像のグローバル・ゲインバランス補正
 - 3) 仮の視差画像の生成
 - 4) 左右の局所照度分布補正による視差なし色モザイク画像の生成
(ローカル・ゲインバランス補正)
 - 5) 視差なし基準画像の生成
 - 6) 実際の視差画像の生成
 - 7) 出力色空間への変換
- 以下、順に説明する。

【0099】

1) 色・視差多重化モザイク画像データ入力

図14の色と視差の多重化された単板式モザイク画像を $M(x, y)$ で表す。階調は A/D 変換によって出力された線形階調であるものとする。

【0100】

10

20

30

40

50

2) 色・視差モザイク画像のグローバル・ゲインバランス補正

撮影された被写体像をそのまま使って、視差なし画素の画素値の画像全体の平均値 \bar{N} と、

左視差画素の画素値の画像全体の平均値 \bar{L}_l と、右視差画素の画素値の画像全体の平均値 \bar{R}_r

を算出する。実施形態1とは違って、3つの信号レベルが存在する。まず、左右間の基準点として、平均値に信号レベルを合わせるようにゲイン補正を行う。具体的には、全開口の視差なし画素と同じボケ幅を持つ被写体像を形成する目的で相加平均を用いて平均値を算出する。その後、左右平均された信号レベルと視差なし画素の信号レベルとの間で相乗平均をとって、その平均値に信号レベルを合わせるようにゲイン補正を行う。この手続きを、RGB各々の色成分について行う。それぞれに対応する平均値を

$$\bar{R}_N, \bar{R}_{Ll}, \bar{R}_{Rr},$$

$$\bar{G}_N, \bar{G}_{Ll}, \bar{G}_{Rr},$$

$$\bar{B}_N, \bar{B}_{Ll}, \bar{B}_{Rr}$$

によって書き直す。

10

20

30

【0101】

便宜的にモザイク画像 $M(x, y)$ の内、R成分の視差なし画素の信号面を $R_{N_mosaic}(x, y)$ 、R成分の左視差画素の信号面を $R_{Lt_mosaic}(x, y)$ 、R成分の右視差画素の信号面を $R_{Rt_mosaic}(x, y)$ 、G成分の左視差画素の信号面を $G_{N_mosaic}(x, y)$ 、G成分の視差なし画素の信号面を $G_{Lt_mosaic}(x, y)$ 、G成分の右視差画素の信号面を $G_{Rt_mosaic}(x, y)$ 、B成分の視差なし画素の信号面を $B_{N_mosaic}(x, y)$ 、B成分の左視差画素の信号面を $B_{Lt_mosaic}(x, y)$ 、B成分の右視差画素の信号面を $B_{Rt_mosaic}(x, y)$ と表すことにする。

【0102】

平均値

$$\bar{m}_R = \sqrt{\bar{R}_N \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2}}$$

$$\bar{m}_G = \sqrt{\bar{G}_N \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2}}$$

$$\bar{m}_B = \sqrt{\bar{B}_N \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2}}$$

10

視差なし画素に対するゲイン値

$$\bar{g}_{R_N} = \frac{\bar{m}_R}{\bar{R}_N} = \sqrt{\frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_N}}$$

$$\bar{g}_{G_N} = \frac{\bar{m}_G}{\bar{G}_N} = \sqrt{\frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_N}}$$

20

$$\bar{g}_{B_N} = \frac{\bar{m}_B}{\bar{B}_N} = \sqrt{\frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_N}}$$

左視差画素に対するゲイン値

$$\bar{g}_{R_{Ll}} = \frac{\bar{m}_R}{\bar{R}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_{Ll}}}$$

$$\bar{g}_{G_{Ll}} = \frac{\bar{m}_G}{\bar{G}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_{Ll}}}$$

$$\bar{g}_{B_{Ll}} = \frac{\bar{m}_B}{\bar{B}_{Ll}} = \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_{Ll}}}$$

右視差画素に対するゲイン値

$$\bar{g}_{R_{Rl}} = \frac{\bar{m}_R}{\bar{R}_{Rl}} = \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rl}}{2\bar{R}_{Rl}}}$$

$$\bar{g}_{G_{Rl}} = \frac{\bar{m}_G}{\bar{G}_{Rl}} = \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rl}}{2\bar{G}_{Rl}}}$$

$$\bar{g}_{B_{Rl}} = \frac{\bar{m}_B}{\bar{B}_{Rl}} = \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Rl}} \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rl}}{2\bar{B}_{Rl}}}$$

10

20

視差なし画素に対するグローバル・ゲイン補正

$$R'_{N_mosaic}(x,y) = R_{N_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{R_N} = R_{N_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rt}}{2\bar{R}_N}}$$

$$G'_{N_mosaic}(x,y) = G_{N_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{G_N} = G_{N_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rt}}{2\bar{G}_N}}$$

10

$$B'_{N_mosaic}(x,y) = B_{N_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{B_N} = B_{N_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rt}}{2\bar{B}_N}}$$

左視差画素に対するグローバル・ゲイン補正

$$R'_{Ll_mosaic}(x,y) = R_{Ll_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{R_{Ll}} = R_{Ll_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rt}}{2\bar{R}_{Ll}}}$$

20

$$G'_{Ll_mosaic}(x,y) = G_{Ll_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{G_{Ll}} = G_{Ll_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rt}}{2\bar{G}_{Ll}}}$$

$$B'_{Ll_mosaic}(x,y) = B_{Ll_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{B_{Ll}} = B_{Ll_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Ll}} \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rt}}{2\bar{B}_{Ll}}}$$

右視差画素に対するグローバル・ゲイン補正

$$R'_{Rt_mosaic}(x,y) = R_{Rt_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{R_{Rt}} = R_{Rt_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{R}_N}{\bar{R}_{Rt}} \cdot \frac{\bar{R}_{Ll} + \bar{R}_{Rt}}{2\bar{R}_{Rt}}}$$

30

$$G'_{Rt_mosaic}(x,y) = G_{Rt_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{G_{Rt}} = G_{Rt_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{G}_N}{\bar{G}_{Rt}} \cdot \frac{\bar{G}_{Ll} + \bar{G}_{Rt}}{2\bar{G}_{Rt}}}$$

$$B'_{Rt_mosaic}(x,y) = B_{Rt_mosaic}(x,y) \cdot \bar{g}_{B_{Rt}} = B_{Rt_mosaic}(x,y) \cdot \sqrt{\frac{\bar{B}_N}{\bar{B}_{Rt}} \cdot \frac{\bar{B}_{Ll} + \bar{B}_{Rt}}{2\bar{B}_{Rt}}}$$

40

【 0 1 0 3 】

こうして視差なし画素が1つのゲイン係数で、左視差画素が1つのゲイン係数で、右視差画素が1つのゲイン係数で補正されたモザイク画像を $M'(x, y)$ として出力する。

【 0 1 0 4 】

3) 仮の視差画像の生成

空間周波数解像度の低い分解能である仮の左視差画像と、空間周波数解像度の低い分解能である仮の右視差画像を生成する。左視差画素ばかりを集めたG色面内の単純平均補間を行う。近接して存在する画素値を用いて、距離の比に応じて線形補間を行う。同様に、右視差画素ばかりを集めたG色面内の単純平均補間を行う。同様に、視差なし画素ばかりを集めたG色面内の単純平均補間を行う。同様の処理をR, G, Bの各々について行う。

50

すなわち、 $R_{L t_m o s a i c}(x, y)$ から $R_{L t}(x, y)$ を、 $R_{R t_m o s a i c}(x, y)$ から $R_{R t}(x, y)$ を、 $R_{N_m o s a i c}(x, y)$ から $R_N(x, y)$ を、 $G_{L t_m o s a i c}(x, y)$ から $G_{L t}(x, y)$ を、 $G_{R t_m o s a i c}(x, y)$ から $G_{R t}(x, y)$ を、 $G_{N_m o s a i c}(x, y)$ から $G_N(x, y)$ を、 $B_{L t_m o s a i c}(x, y)$ から $B_{L t}(x, y)$ を、 $B_{R t_m o s a i c}(x, y)$ から $B_{R t}(x, y)$ を、 $B_{N_m o s a i c}(x, y)$ から $B_N(x, y)$ を生成する。

【0105】

ここで、仮の R 成分の視差なし画像を $R_N(x, y)$ 、仮の G 成分の視差なし画像を $G_N(x, y)$ 、仮の B 成分の視差なし画像を $B_N(x, y)$ 、仮の R 成分の左視差画像を $R_{L t}(x, y)$ 、仮の G 成分の左視差画像を $G_{L t}(x, y)$ 、仮の B 成分の左視差画像を $B_{L t}(x, y)$ で表す。同様に、仮の R 成分の右視差画像を $R_{R t}(x, y)$ 、仮の G 成分の右視差画像を $G_{R t}(x, y)$ 、仮の B 成分の右視差画像を $B_{R t}(x, y)$ で表す。なお、仮の視差なし画像 $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$ を生成する場合には、信号面内での方向判定を導入して高精細に行うのがよい。

10

【0106】

4) 左右の照度分布補正による視差なし色モザイク画像の生成

(ローカル・ゲインバランス補正)

次にステップ1で行ったグローバル・ゲイン補正と同様の考え方で、画素単位のローカル・ゲイン補正を行うことによって、まず画面内の左視差画素と画面内の右視差画素の照度を合わせる。この操作によって左右間の視差を消滅させる。その上で左右平均をとった信号面と視差なし画素の撮像信号面との間でさらに照度を合わせる。以上により、全ての画素でゲイン整合のとれた新しい Bayer 面を作成する。これは平均値と置き換えることと等価であり、視差の消滅した Bayer 面が出来上がる。これを $M_N(x, y)$ と書くことにする。

20

【0107】

なお、視差なし画素の開口マスクは全開口である。したがって、左右間で視差消滅させた被写体像のボケ幅を全開口のボケ幅と一致させる目的で相加平均を用いる。これにより、左右間の視差を消滅させる。

【0108】

さらに、左右間で視差消滅させた信号面と視差なし画素の撮像信号面との間で平均をとる操作は、両者が既に同じボケ幅の被写体像に揃えられているので、そのボケ幅を保存する必要がある。したがって、この場合には共通に相乗平均をとらなければならない。ここで、視差画素の数は視差なし画素の数より少ない。加えて、視差画像の解像力は、視差なし画像の解像力より低い。したがって、視差なし画素の画素値と左右の視差画素の平均値とに対する重みの配分を均等にすると、得られる画像の解像力は、視差画像の解像力の影響により全体として低下する。よって、視差なし画像の解像力に可能な限り近づける工夫が必要になる。そこで、撮像素子上の画素配列における視差なし画素と視差画素の密度比を考慮に入れて相乗平均をとるとよい。具体的には、実施形態2で用いた視差なし画素(N)と左視差画素(Lt)と右視差画素(Rt)の比は、 $N : L t : R t = 14 : 1 : 1$ 、すなわち、 $N : (L t + R t) = 7 : 1$ であるので、視差なし画素には $7/8$ 乗の重みを、視差画素には $1/8$ 乗の重みを与えて、密度の高い視差なし画素を重視した配分とする。以下にそれらの具体式を挙げる。

30

40

【0109】

各画素の平均値

$$m_R(x, y) = [R_N(x, y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{R_{Ll}(x, y) + R_{Rl}(x, y)}{2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$m_G(x, y) = [G_N(x, y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{G_{Ll}(x, y) + G_{Rl}(x, y)}{2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

10

$$m_B(x, y) = [B_N(x, y)]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{B_{Ll}(x, y) + B_{Rl}(x, y)}{2} \right]^{\frac{1}{8}}$$

視差なし画素に対する各画素のゲイン値

$$g_{R_N}(x, y) = \frac{m_R(x, y)}{R_N(x, y)} = \sqrt[8]{\frac{R_{Ll}(x, y) + R_{Rl}(x, y)}{2R_N(x, y)}}$$

$$g_{G_N}(x, y) = \frac{m_G(x, y)}{G_N(x, y)} = \sqrt[8]{\frac{G_{Ll}(x, y) + G_{Rl}(x, y)}{2G_N(x, y)}}$$

20

$$g_{B_N}(x, y) = \frac{m_B(x, y)}{B_N(x, y)} = \sqrt[8]{\frac{B_{Ll}(x, y) + B_{Rl}(x, y)}{2B_N(x, y)}}$$

左視差画素に対する各画素のゲイン値

$$g_{R_L}(x, y) = \frac{m_R(x, y)}{R_L(x, y)} = \left[\frac{R_N(x, y)}{R_L(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{R_L(x, y) + R_{R_L}(x, y)}{2R_L(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$g_{G_L}(x, y) = \frac{m_G(x, y)}{G_L(x, y)} = \left[\frac{G_N(x, y)}{G_L(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{G_L(x, y) + G_{R_L}(x, y)}{2G_L(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$g_{B_L}(x, y) = \frac{m_B(x, y)}{B_L(x, y)} = \left[\frac{B_N(x, y)}{B_L(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{B_L(x, y) + B_{R_L}(x, y)}{2B_L(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

10

右視差画素に対する各画素のゲイン値

$$g_{R_R}(x, y) = \frac{m_R(x, y)}{R_R(x, y)} = \left[\frac{R_N(x, y)}{R_R(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{R_L(x, y) + R_{R_L}(x, y)}{2R_R(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

$$g_{G_R}(x, y) = \frac{m_G(x, y)}{G_R(x, y)} = \left[\frac{G_N(x, y)}{G_R(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{G_L(x, y) + G_{R_L}(x, y)}{2G_R(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

20

$$g_{B_R}(x, y) = \frac{m_B(x, y)}{B_R(x, y)} = \left[\frac{B_N(x, y)}{B_R(x, y)} \right]^{\frac{7}{8}} \cdot \left[\frac{B_L(x, y) + B_{R_L}(x, y)}{2B_R(x, y)} \right]^{\frac{1}{8}}$$

視差なし画素に対する各画素のローカル・ゲイン補正

$$R_N(x, y) \cdot g_{R_N}(x, y) = m_R(x, y)$$

$$G_N(x, y) \cdot g_{G_N}(x, y) = m_G(x, y)$$

$$B_N(x, y) \cdot g_{B_N}(x, y) = m_B(x, y)$$

30

左視差画素に対する各画素のローカル・ゲイン補正

$$R_L(x, y) \cdot g_{R_L}(x, y) = m_R(x, y)$$

$$G_L(x, y) \cdot g_{G_L}(x, y) = m_G(x, y)$$

$$B_L(x, y) \cdot g_{B_L}(x, y) = m_B(x, y)$$

右視差画素に対する各画素のローカル・ゲイン補正

$$R_R(x, y) \cdot g_{R_R}(x, y) = m_R(x, y)$$

$$G_R(x, y) \cdot g_{G_R}(x, y) = m_G(x, y)$$

$$B_R(x, y) \cdot g_{B_R}(x, y) = m_B(x, y)$$

40

このように左視点の画像と右視点の画像の平均値と、視差のない基準視点の画像との平均値をとった画素値を新たな視差なし画素値として、Bayer面のデータを書き換え、視差なしBayer面の画像 $M_N(x, y)$ を出力する。

【 0 1 1 0 】

5) 視差なし基準画像の生成

公知のBayer補間技術を行う。例として、本出願人と同一発明者のUSP7957588(WO2006/006373)やUSP8259213に示される補間アルゴリ

50

ズムがある。

【0111】

6) 実際の視差画像の生成

ステップ3で生成した解像力の低い仮の左視差のカラー画像 $R_{Lt}(x, y)$ 、 $G_{Lt}(x, y)$ 、 $B_{Lt}(x, y)$ とステップ5で中間処理として生成した解像力の高い視差なしのカラー画像 $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$ を用いて、実際に出力する解像力の高い左視差のカラー画像 $R'_{Lt}(x, y)$ 、 $G'_{Lt}(x, y)$ 、 $B'_{Lt}(x, y)$ を生成する。同様に、ステップ3で生成した解像力の低い仮の右視差のカラー画像 $R_{Rt}(x, y)$ 、 $G_{Rt}(x, y)$ 、 $B_{Rt}(x, y)$ とステップ5で中間処理として生成した解像力の高い視差なしのカラー画像 $R_N(x, y)$ 、 $G_N(x, y)$ 、 $B_N(x, y)$ を用いて、実際に出力する解像力の高い右視差のカラー画像 $R'_{Rt}(x, y)$ 、 $G'_{Rt}(x, y)$ 、 $B'_{Rt}(x, y)$ を生成する。

10

【0112】

視差なし画素の開口マスクは全開口である。したがって、視差変調の方式として相加平均を基準点にとる方式を採用することにより、視差画像のボケ幅を伝達しつつ、N画像と(Lt画像+Rt画像)/2のボケ幅の違いを補正するような視差変調効果を得る。

【0113】

ここで、例えば高解像な左視差画像 R'_{Lt} を生成するにあたって、視差変調を行う場合も、撮像素子の画素配列における各視差画素同士の間でのRGBの密度比を考慮に入れた相乗平均をとる。すなわち、左視差画素同士の間では $R : G : B = 1 : 2 : 1$ であり、右視差画素同士の間でも $R : G : B = 1 : 2 : 1$ であるので、R成分による視差変調に $1/4$ 乗の重みを、G成分による視差変調に $1/2$ 乗の重みを、B成分による視差変調に $1/4$ 乗の重みを与えて、密度の高いG成分による視差変調を重視した配分をとる。具体的には、以下の式を用いて高解像な左視差画像 R'_{Lt} 、 G'_{Lt} 、 B'_{Lt} と高解像な右視差画像 R'_{Rt} 、 G'_{Rt} 、 B'_{Rt} を算出する。

20

【0114】

左視差変調

$$R'_{Lt}(x,y) = R_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Lt}(x,y)}{R_{Lt}(x,y) + R_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Lt}(x,y)}{G_{Lt}(x,y) + G_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Lt}(x,y)}{B_{Lt}(x,y) + B_{Rt}(x,y)}}$$

$$G'_{Lt}(x,y) = G_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Lt}(x,y)}{R_{Lt}(x,y) + R_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Lt}(x,y)}{G_{Lt}(x,y) + G_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Lt}(x,y)}{B_{Lt}(x,y) + B_{Rt}(x,y)}}$$

$$B'_{Lt}(x,y) = B_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Lt}(x,y)}{R_{Lt}(x,y) + R_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Lt}(x,y)}{G_{Lt}(x,y) + G_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Lt}(x,y)}{B_{Lt}(x,y) + B_{Rt}(x,y)}}$$

右視差変調

$$R'_{Rt}(x,y) = R_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Rt}(x,y)}{R_{Lt}(x,y) + R_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Rt}(x,y)}{G_{Lt}(x,y) + G_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Rt}(x,y)}{B_{Lt}(x,y) + B_{Rt}(x,y)}}$$

$$G'_{Rt}(x,y) = G_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Rt}(x,y)}{R_{Lt}(x,y) + R_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Rt}(x,y)}{G_{Lt}(x,y) + G_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Rt}(x,y)}{B_{Lt}(x,y) + B_{Rt}(x,y)}}$$

$$B'_{Rt}(x,y) = B_N(x,y) \sqrt[4]{\frac{2R_{Rt}(x,y)}{R_{Lt}(x,y) + R_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2G_{Rt}(x,y)}{G_{Lt}(x,y) + G_{Rt}(x,y)}} \sqrt[4]{\frac{2B_{Rt}(x,y)}{B_{Lt}(x,y) + B_{Rt}(x,y)}}$$

10

20

30

40

50

【0115】

7) 出力色空間への変換

こうして得られた高解像な視差なしの中間カラー画像 $R_N(x,y)$ 、 $G_N(x,y)$ 、 $B_N(x,y)$ と高解像の左視差のカラー画像 $R_{Lt}(x,y)$ 、 $G_{Lt}(x,y)$ 、 $B_{Lt}(x,y)$ 、高解像の右視差のカラー画像 $R_{Rt}(x,y)$ 、 $G_{Rt}(x,y)$ 、 $B_{Rt}(x,y)$ のそれぞれをセンサの分光特性のカメラ RGB から標準的な sRGB 色空間へ色マトリクス変換とガンマ変換を行って出力色空間の画像として出力する。

【0116】

なお、撮像素子 100 の配列として図 13 で示した配列、すなわち $N : Lt : Rt = 6 : 1 : 1$ の配列を採用する場合には、視差なし画素の構成は、次のどちらか 1 つを採る。すなわち、開口部の長辺と短辺の比が $a : b = 8 : 7$ となる開口マスクを用いるか、長軸と短軸の比が $a : b = 8 : 7$ となる楕円形状に集光特性を変形したマイクロレンズを用いるか、の何れかである。現像処理は実施形態 2 と同様の手続きを経るので説明は省略する。ただし、ローカル・ゲインバランス補正の場合の N 画像と Lt 画像と Rt 画像の混合割合が、視差画素の密度の変化に伴って変える必要がある。

【0117】

以上の実施形態では、左右に視差をつける例を示したが、撮像素子と光学系を同時に 90 度回転すれば、上下視差の撮像素子の実施形態となる。45 度回転すれば斜め視差の撮像素子の実施形態となる。

【0118】

特許文献 2 に示されるような、画素が正方形ではない八ニカム構造であっても、N 画素と Lt 画素と Rt 画素が混在する配列では同様の考え方が成り立つ。すなわち、左右に視差がつくように視差画素が構成されている場合は、左右視差の実施形態と同様に N 画素を水平方向と垂直方向との間で視差画素と逆方向に変形する。

【 0 1 1 9 】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【 符号の説明 】

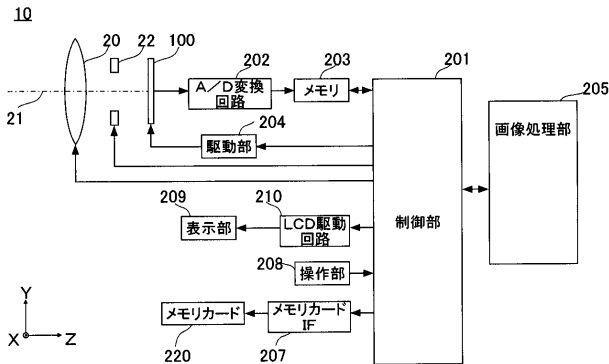
【 0 1 2 0 】

10 デジタルカメラ、20 撮影レンズ、21 光軸、22 絞り、100 撮像素子、101 マイクロレンズ、102 カラーフィルタ、103 開口マスク、104 開口部、1041 開口部、104r 開口部、104n 開口部、105 配線層、106 配線、108 光電変換素子、109 基板、110 パターン、201 制御部、202 A/D変換回路、203 メモリ、204 駆動部、205 画像処理部、207 メモリカードIF、208 操作部、209 表示部、210 LCD駆動回路、220 メモリカード、300 撮像素子、310 パターン、322 中心線、1801 分布曲線、1802 分布曲線、1803 分布曲線、1804 分布曲線、1805 分布曲線、1806 合成分布曲線、1807 分布曲線、1808 分布曲線、1809 合成分布曲線

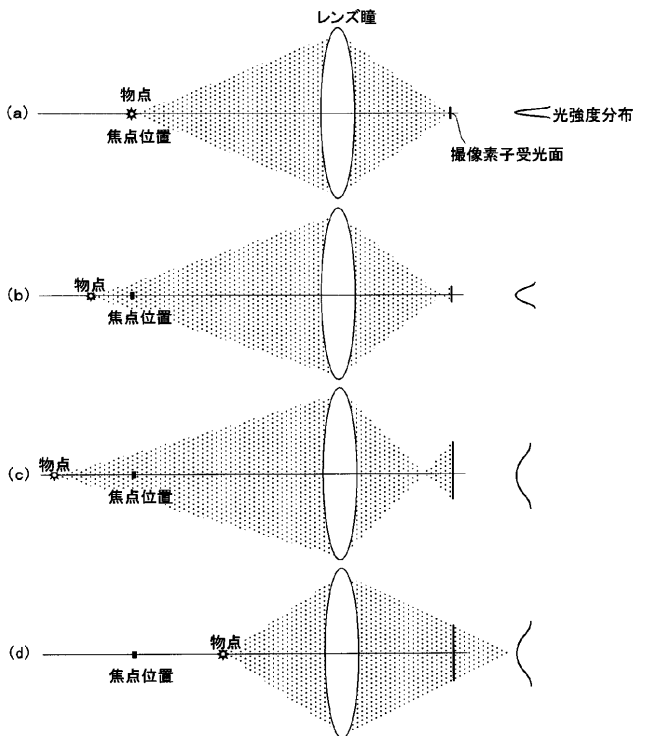
10

20

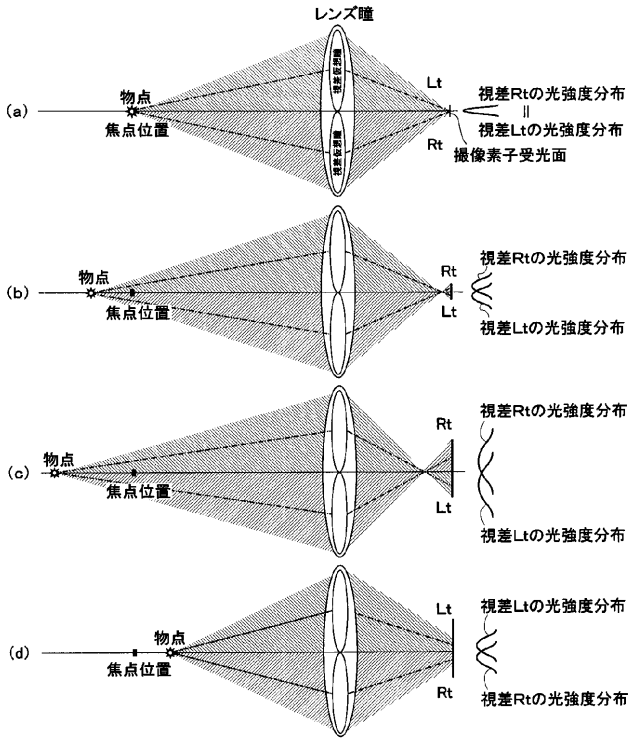
【 図 1 】



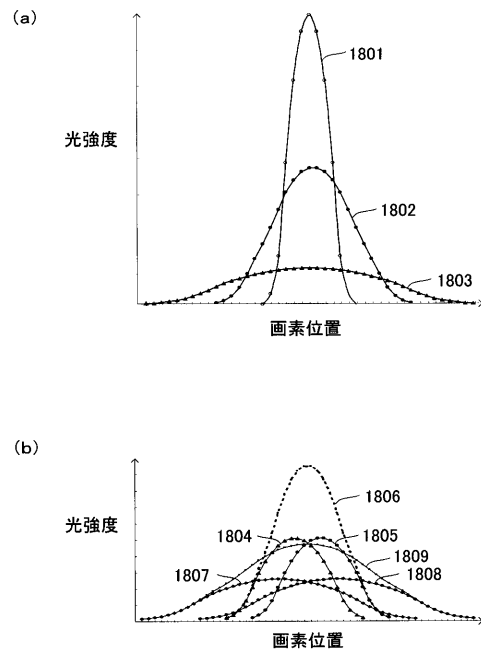
【 図 2 】



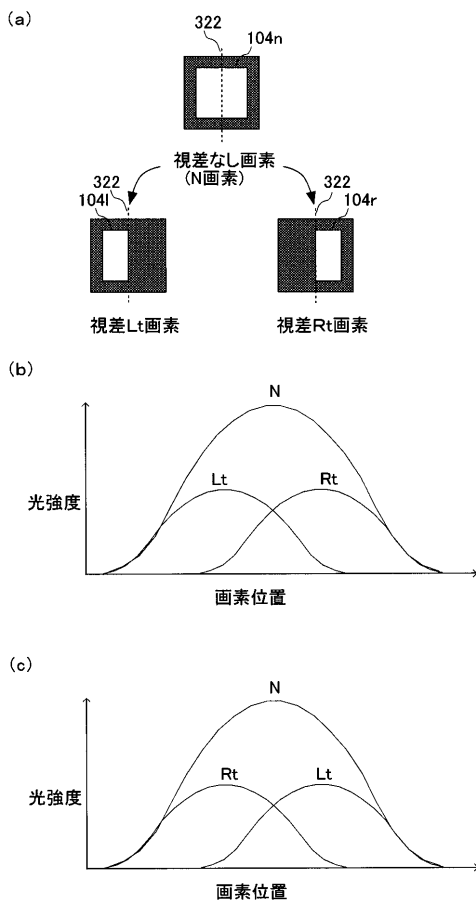
【 図 3 】



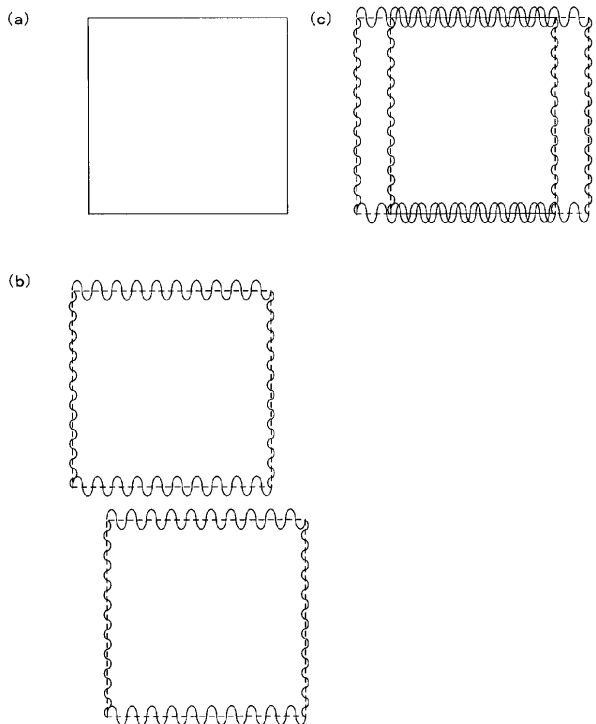
【 図 4 】



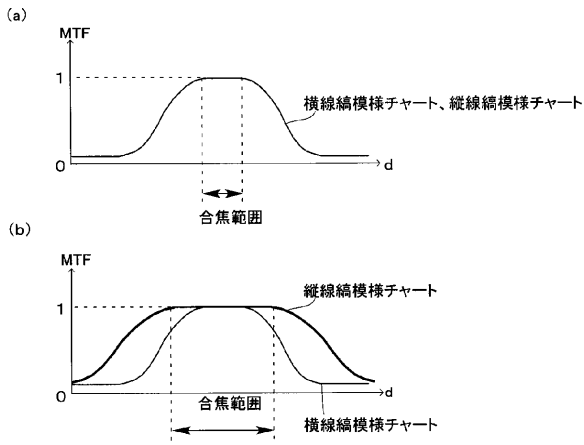
【 図 5 】



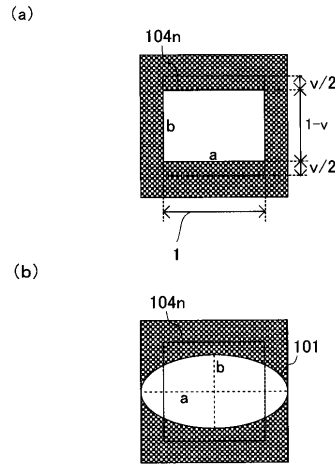
【 図 6 】



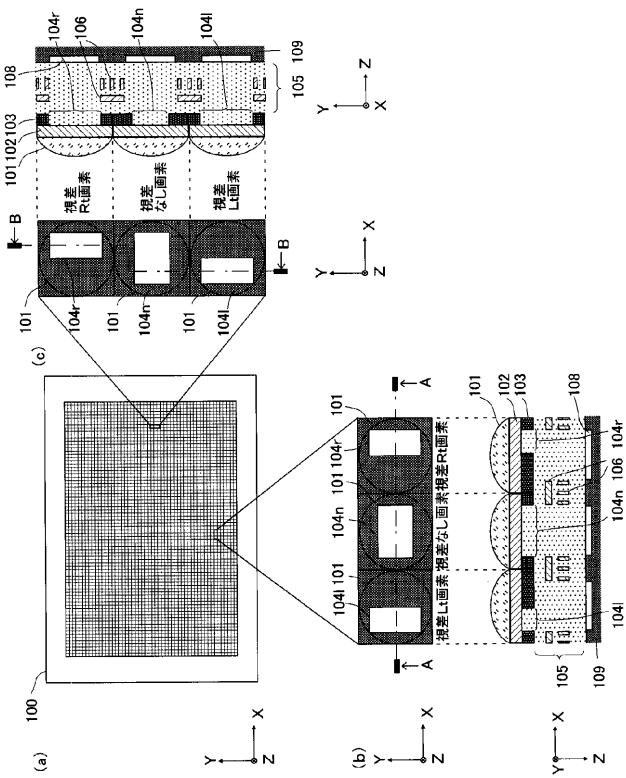
【図7】



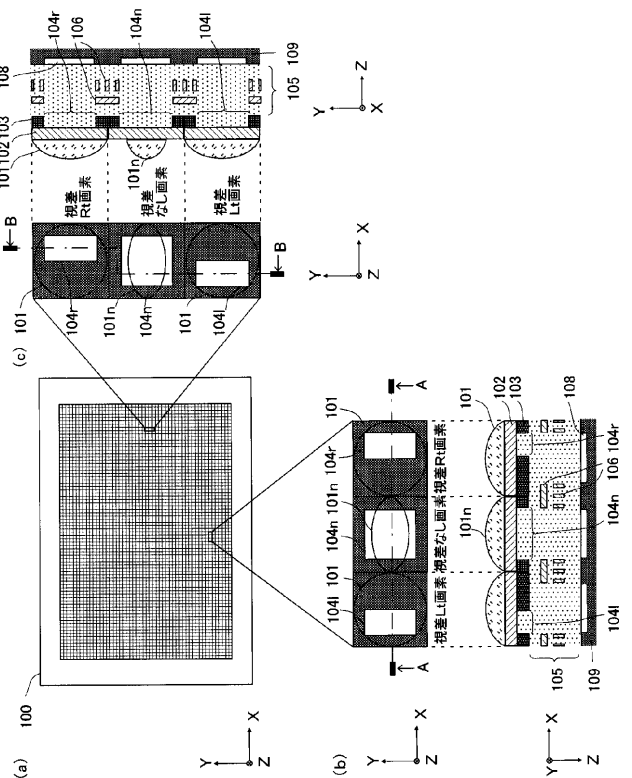
【図8】



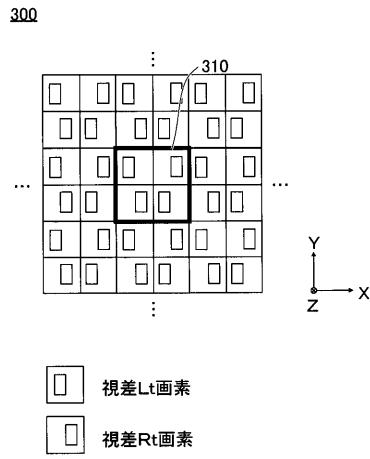
【図9】



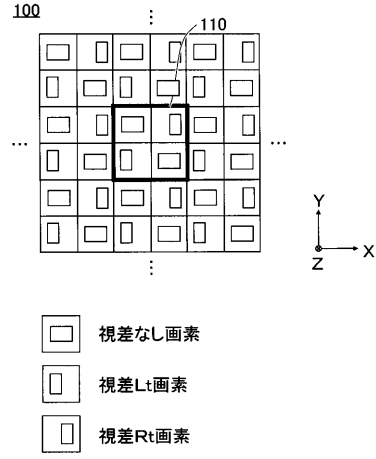
【図10】



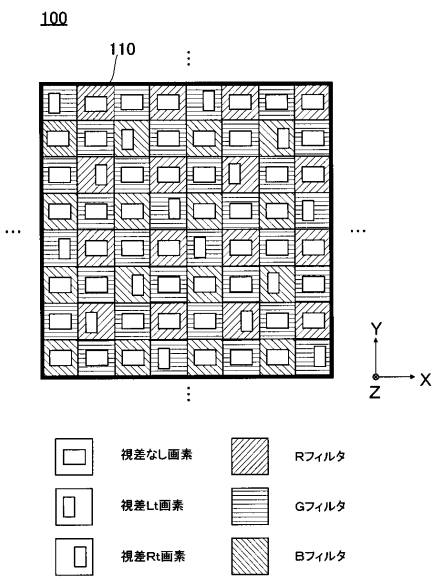
【図 1 1】



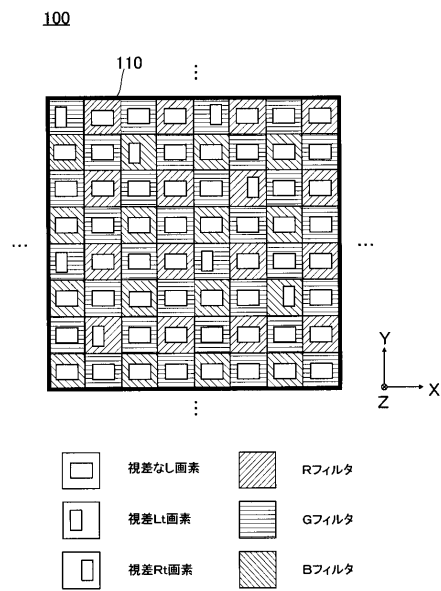
【図 1 2】



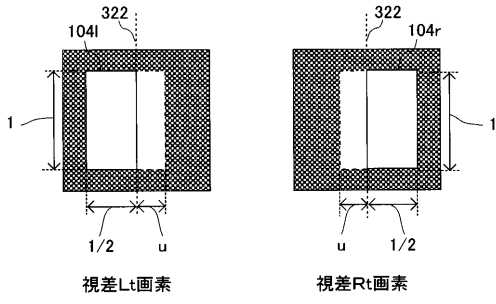
【図 1 3】



【図 1 4】



【 図 1 5 】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<i>H 0 4 N 5/372 (2011.01)</i>	H 0 4 N 5/335 7 2 0	
<i>H 0 4 N 5/374 (2011.01)</i>	H 0 4 N 5/335 7 4 0	
<i>G 0 1 C 3/06 (2006.01)</i>	G 0 1 C 3/06 1 1 0 V	
<i>H 0 1 L 27/14 (2006.01)</i>	H 0 1 L 27/14 D	
<i>H 0 4 N 5/357 (2011.01)</i>	H 0 4 N 5/335 5 7 0	

Fターム(参考) 5C024 AX01 BX01 CX37 CY17 EX12 EX43 GX21 GY01 GY31
 5C061 AA27 AB03 AB06 AB08